

Estudio de Materias Primas, Herramientas Líticas y Análisis de Suelos en Áreas de Actividad del
Sitio Arqueológico ubicado en la Hacienda La Fe, Betulia, Santander mediante
Difracción de Rayos X y Microscopía Electrónica de Barrido

Gina Fernanda Almeida Monsalve, Erika Yurany Tarazona Jerez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Químico

Director

José Antonio Henao Martínez

Ph.D. en Química

Codirector

Leonardo Moreno González

Doctor en Arqueología

Universidad Industrial de Santander

Grupo de Investigación en Química Estructural-GIQUE

Facultad de Ciencias

Escuela de Química

Bucaramanga

2018

DEDICATORIA

*Todo en nuestra vida funciona con base en una motivación o un motor, que,
para mí, son mis sueños y mi familia.*

*Doy gracias a Dios por mi hermosa familia y dedico este triunfo a mis
padres Lucia e Israel que han sido mi motor de vida para siempre salir
adelante y luchar por mis sueños. Los amo mucho. . .*

Erika Y. Tarazona Jerez

La medida de la inteligencia es la capacidad para cambiar

A. Einstein

*Al Universo por enviarme las energías necesarias para culminar esta
etapa en mi vida y por regalarme una familia maravillosa quienes me
permitieron llegar hasta aquí, por ser mi refugio, por confiar en mí, por
amarme, por ser mi apoyo incondicional y por ofrecerme mil razones
para sonreír.*

Gina F. Almeida

Agradecimientos

A los profesores Henao y Leonardo por su amistad y apoyo incondicional y a la Universidad Industrial de Santander por brindarnos la oportunidad de formarnos como personas y como profesionales.

Al Parque Tecnológico Guatigará por ser el centro de investigación que nos permitió el desarrollo investigativo, en especial al Laboratorio de Rayos-X y al Laboratorio de Microscopía.

A la profesora Rosa Claudia López Quiroga y al Laboratorio Químico de Suelos por su apoyo y colaboración.

Al geólogo César López y a William Osorio por su amistad y colaboración.

A Don Jorge por su acompañamiento y contribución.

Tabla de contenido

Introducción	21
1. Objetivos	25
1.1 Objetivo General	25
1.2 Objetivos específicos	25
2. Marco de antecedentes	26
3. Marco teórico	32
3.1 El rol de la geología en los estudios arqueológicos	33
3.2 El rol de la química en la arqueología.....	34
3.3 La geoarqueología y la química arqueológica en la valoración de materiales arqueológicos	36
3.3.1. Artefactos líticos.	36
3.3.1.1 Tipos de rocas.	37
3.3.1.2 Cadenas operativas.....	40
3.3.1.3 Tipología lítica.	41
3.3.1.4 Análisis de procedencia de herramientas líticas.....	43
3.3.2 Suelos arqueológicos	45
3.3.2.1 Composición y propiedades del suelo.....	45
3.3.2.2 Valoración de suelos arqueológicos para determinar áreas de actividad	46

3.4. Aplicación de la química arqueológica: análisis de difracción de rayos-X (DRX)	49
3.4.1 DIFFRAC. EVA en el análisis cualitativo de fases cristalinas.	51
3.4.2 Método de Rietveld en el refinamiento y análisis cuantitativo de fases cristalinas	51
3.5. Aplicación de la química arqueológica: microscopía electrónica de barrido (SEM).....	52
3.6. Aplicación de la química arqueológica: pruebas semi-cuantitativas aplicadas a suelos arqueológicos.	54
3.6.1 Reacción de carbonatos con ácido.	55
3.6.2 Reacción de fosfatos.	55
3.6.3 Determinación de pH.	56
3.6.4 Reacción de residuos de compuestos orgánicos: ácidos grasos, proteínas y carbohidratos.....	56
4. Sitio prehistórico La Fe: localización	59
4.1 Ubicación cronológica del asentamiento prehistórico La Fe: periodo Arcaico	59
4.2. Aplicación de la geoarqueología.....	60
4.2.1 Zona de estudio.	61
4.2.1.1 Zona de excavación.....	61
4.2.1.1.1 Detalles de la excavación del corte estudiado.....	62
4.2.1.2 Zonas de extracción de materia prima	63
4.2.2 Ambientes morfogenéticos de la zona de estudio	70
4.2.2.1 Ambiente morfoestructural.	70
4.2.2.2 Ambiente denudacional.....	70
4.2.2.3 Ambiente fluvial.	71
5. Sitio prehistórico La Fe: metodologías y técnicas	71

5.1. Aplicación de la arqueología y la geología en la obtención y clasificación de muestras.....	71
5.1.1. Material lítico.....	71
5.1.2 Materia prima lítica.....	72
5.1.3 Suelos arqueológicos.	73
5.2 Aplicación de la química arqueológica en la selección de muestras.....	73
5.2.1 Muestras líticas.	73
5.2.1.1 Caracterización mineralógica.....	73
5.2.1.2 Análisis superficial.....	74
5.2.2. Muestras de suelo.....	75
5.3 Aplicación de la química arqueológica en la preparación de muestra	75
5.3.1 Difracción de rayos-X (DRX).....	76
5.3.2 Microscopia electrónica de barrido (SEM).....	76
5.3.3 Pruebas semi-cuantitativas.....	76
5.4 Aplicación de la química arqueológica en la caracterización de muestras	78
5.4.1 Análisis de difracción de rayos-X (DRX).....	78
5.4.1.1 Análisis cualitativo: DIFFRAC. EVA V4.2.....	78
5.4.1.2 Análisis cuantitativo: método de Rietveld.	79
5.4.2 Análisis de microscopia electrónica de barrido (SEM).....	81
5.4.3. Análisis semi-cuantitativos en muestras de suelos.....	81
5.4.3.1 Determinación de Carbonatos.....	82
5.4.3.2 Determinación de Fosfatos.....	83

5.4.3.3 Determinación de pH.	83
5.4.3.4 Determinación de residuos de ácidos grasos.....	84
5.4.3.5 Determinación de residuos de proteínas	85
5.4.3.6 Determinación de carbohidratos.	85
5.5 Aplicación de la química arqueológica en el análisis de resultados	85
6. Resultados y discusión.....	86
6.1 Estadística y análisis de datos arqueológicos.....	86
6.2 Análisis cualitativo y cuantitativo de las fases mineralógicas en materiales líticos mediante DRX	99
6.2.1 Roca tipo chert	100
6.2.2 Roca tipo lutita	101
6.2.3 Roca tipo caliza	103
6.2.4 Roca tipo areniscas.	104
6.3 Análisis de abastecimiento y procedencia de los materiales líticos	105
6.3.1 Tipo de roca chert negro	106
6.3.2 Tipo de roca chert bandeado.	109
6.3.3 Tipo de roca lutita	112
6.3.4 Tipo de roca caliza	115
6.3.5 Tipo de roca arenisca	119
6.4 Análisis de áreas de actividad	122
6.4.1 Análisis de áreas de actividad: residuos proteicos y ácidos grasos.....	125
6.4.2 Análisis de áreas de actividad: determinación de carbonatos y pH	125

6.4.3 Análisis de áreas de actividad: carbohidratos	126
6.4.4 Análisis de áreas de actividad: fosfatos	126
6.5 Análisis superficial por microscopía electrónica de barrido (SEM)	134
7. Conclusiones	138
8. Recomendaciones	143
Referencias Bibliográficas	144
Apéndices.....	155

Lista de Tablas

Tabla 1. Grupo de rocas sedimentarias detríticas.....	38
Tabla 2. Grupo de rocas sedimentarias químicas.....	38
Tabla 3. Selección de muestra natural tipo excavación para análisis DRX	73
Tabla 4. Selección de muestra tipo cultural para análisis DRX	74
Tabla 5. Selección de muestra tipo geológico para análisis DRX.....	74
Tabla 6. Selección de muestras de suelo para análisis	75
Tabla 7. Técnicas semi-cuantitativas y cualitativas aplicadas a suelos.....	82
Tabla 8. Escala semi-cuantitativa utilizada en la determinación de carbonatos	82
Tabla 9. Tipología lítica del sitio prehistórico La Fe.	87
Tabla 10. Distribución de formatos líticos según tipo de roca sitio prehistórico La Fe, nororiental colombiano.....	90
Tabla 11. Distribución estratigráfica de formatos según el nivel del sitio prehistórico La Fe, nororiental colombiano.....	97
Tabla 12. Distribución de la industria lítica según su clase y tipo de roca del sitio prehistórico La Fe, nororiental colombiano.	98
Tabla 13. Determinación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas del chert negro.	100
Tabla 14. Determinación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas del chert bandeado	100
Tabla 15. Determinación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas de las lutitas.	102

Tabla 16. Determinación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas de las calizas	103
Tabla 17. Determinación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas de las areniscas	104
Tabla 18. Descripción de las cuadrículas de las muestras de suelo sitio prehistórico La Fe, nororientecolombiano.....	123
Tabla 19. Resultados de pruebas semi-cuantitativas de suelos sitio prehistórico La Fe, nororientecolombiano.....	124

Lista de Figuras

Figura 1. Descripción gráfica del fenómeno ocurrido en DRX.....	50
Figura 2. Descripción gráfica de proceso ocurrido en SEM.....	53
Figura 3. Localización geográfica del asentamiento prehistórico “La Fe”.....	62
Figura 4. Corte I de la excavación, sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.....	63
Figura 5. Plano del Corte I de la excavación, sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano..	63
Figura 6. Localización geográfica y distribución espacial de los puntos de muestreo.	64
Figura 7. Localización geológica de los puntos de muestreo.	65
Figura 8. Afloramiento de lutita gris claro.	66
Figura 9. Afloramiento de arenisca amarilla.	67
Figura 10. Afloramiento de caliza gris oscuro y chert negro.....	68
Figura 11. Afloramiento de caliza gris oscuro.....	69
Figura 12. Afloramiento de chert negro quebradizo y chert bandeado	70
Figura 13. Proceso de molturado de las muestras líticas y de suelo.....	76
Figura 14. Proceso de secado de muestras de suelo.	77
Figura 15. Proceso de molienda de muestras de suelo.	77
Figura 16. Proceso de tamizado de muestras de suelo.....	78
Figura 17. Interface del software DIFFRAC.EVA V4.2	79

Figura 18. Parámetros instrumentales.....	80
Figura 19. Resultado del refinamiento del método de Rietveld para el análisis cuantitativo.....	81
Figura 20. Determinación de fosfatos.....	83
Figura 21. Determinación de pH en suelos.....	84
Figura 22. Clasificación de los formatos líticos recolectados en La Fe..	90
Figura 23. Distribución porcentual de la litología del sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.....	91
Figura 24. Morfologías establecidas según las actividades productivas del sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.	93
Figura 25. Dispersión de formatos por nivel del sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.	97
Figura 26. Difractogramas y comparación de las fases mineralógicas del chert negro.....	107
Figura 27. Muestras tipo chert negro. a) materia prima KSL. b) núcleo 290F-2. c) lasca con borde activo 642F-3..	108
Figura 28. Localización geográfica y espacial de la fuente de materia prima para el chert negro (P3).....	109
Figura 29. Difractogramas y comparación de las fases mineralógicas del chert bandeado.....	110
Figura 30. Muestras tipo chert bandeado. a) Afloramiento. b) Materia prima G55 c) Cuchillo 630F-4..	111
Figura 31. Localización geográfica y espacial de la fuente de materia prima para el chert bandeado (P5).	112
Figura 32. Difractogramas y comparación de las fases mineralógicas de las lutitas.....	113
Figura 33. Muestras tipo lutita. a) materia prima LTA b) núcleo 255F-2 c) cuña 598F-2.....	114

Figura 34. Localización geográfica y espacial de la fuente de materia prima para las lutitas (P1).	115
Figura 35. Muestras tipo chert caliza. a) Materia prima FKIS b) Núcleo 288F-3 c) Cuchillo 581F-1 d) Placa natural 675F-2 e) placa 132F-3.	116
Figura 36. Difractogramas y comparación de las fases mineralógicas de las calizas.....	116
Figura 37. Localización geográfica y espacial de la fuente de materia prima para las calizas (P4).	118
Figura 38. Formaciones de caliza y shale calcáreo localizadas a 10 Km lineales desde La Fe.	118
Figura 39. Muestras tipo arenisca. a) Materia prima MTAb) núcleo 218F-3 c) Yunque 2F-2 d) Raedera 355F-3.	119
Figura 40. Difractogramas y comparación de las fases mineralógicas de las areniscas.	120
Figura 41. Localización geográfica y espacial de la fuente de materia prima para las areniscas (P2).	121
Figura 42. Ubicación de las muestras de suelo sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.	123
Figura 43. Residuos proteicos sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano. a) Distribución. b) Determinación cualitativa.	127
Figura 44. Residuos de ácidos grasos sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano. a) Distribución. b) Determinación cualitativa.	128
Figura 45. Carbohidratos sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano. a) Distribución. b) Determinación cualitativa.	128
Figura 46. Fosfatos sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano. a) Distribución. b) Determinación cualitativa.	129

Figura 47. Difractogramas de las muestras de suelo sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.....	130
Figura 48. Distribución de material lítico dentro y fuera del círculo de piedra sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.	131
Figura 49. Cantidad de material lítico distribuido dentro y fuera del círculo de piedra por cuadrícula en el corte I sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.	132
Figura 50. Distribución de áreas de actividad sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.	133
Figura 51. SEM de la pieza lítica 552F-2. (a) (b) Imagen SE y BSE respectivamente tomada en la zona distal de la navaja. (c) (d) Imagen SE y BSE respectivamente tomada en la zona mesial de la navaja.	134
Figura 52. Análisis puntual EDS de la pieza lítica 552F-2.Imagen tomada en la zona distal de la navaja. a) Antes de la onda de percusión. b) Después de la onda de percusión.	136
Figura 53. Análisis de perfil EDS de la pieza lítica 552F-2.Imagenes tomadas en la zona distal de la navaja antes y después de las ondas de fractura.....	136
Figura 54. Análisis puntual EDS de la pieza lítica 552F-2.Imagenes tomadas en la zona mesial de la navaja antes y después de las ondas de fractura.....	137
Figura 55. Análisis de perfil EDS de la pieza lítica 552F-2.Imagenes tomadas en la zona mesial de la navaja antes durante y después de las ondas de fractura.....	138

Lista de Apéndices

Apéndice A. Estadística de los artefactos hallados en el sitio prehistórico La Fe.	155
Apéndice B. Análisis cualitativo y cuantitativo de difracción de rayos-X para las rocas tipo Chert.....	169
Apéndice C. Análisis cualitativo y cuantitativo de difracción de rayos-X para las rocas tipo Lutita.	175
Apéndice D. Análisis cualitativo y cuantitativo de difracción de rayos-X para las rocas tipo Caliza.	179
Apéndice E. Análisis cualitativo y cuantitativo de difracción de rayos-X para las rocas tipo Arenisca.	185
Apéndice F. Análisis cualitativo de difracción de rayos-X para las muestras de suelo.....	190

RESUMEN

TÍTULO: ESTUDIO DE MATERIAS PRIMAS, HERRAMIENTAS LÍTICAS Y ANÁLISIS DE SUELOS EN ÁREAS DE ACTIVIDAD DEL SITIO ARQUEOLÓGICO UBICADO EN LA HACIENDA LA FE, BETULIA, SANTANDER MEDIANTE DIFRACCIÓN DE RAYOS X Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO*.

AUTORES: GINA FERNANDA ALMEIDA MONSALVE**
ERIKA YURANY TARAZONA JEREZ**

PALABRAS CLAVE: ANÁLISIS MORFO-TÉCNICO, PROCEDENCIA DE MATERIALES LÍTICOS, DRX, SEM, MARCADORES ARQUEOLÓGICOS.

DESCRIPCIÓN:

En esta investigación de carácter interdisciplinario¹ se estudió: el ambiente de la zona del Tablazo, los asentamientos de comunidades cazadoras-recolectoras del sitio prehistórico La Fe (7500 A.P² - 3500 A.P); la procedencia de las materias primas que utilizaron dichas sociedades para manufacturar sus herramientas líticas y los suelos de ocupación. El trabajo de química arqueológica, se desarrolló en el marco de la gestión de los recursos líticos centrado en preguntas arqueológicas sobre la ocupación del sitio, la organización del espacio cotidiano y las áreas de actividad en el contexto de la interacción humana con el paisaje.

Los estudios arqueológicos del material lítico, se realizaron mediante la clasificación morfo-técnica por observación macroscópica de evidencias de uso en 703 artefactos confeccionados sobre chert, lutita, caliza y arenisca; la identificación de las fuentes de aprovisionamiento de materia primas aplicando DRX; la determinación de áreas de actividad con la detección de marcadores arqueológicos a través de técnicas semi-cuantitativas y cualitativas en suelos arqueológicos y el análisis elemental superficial de las ondas de fractura características en roca tipo chert por SEM. Al contrastar los análisis interdisciplinarios, se determinaron 8 morfologías principales basadas en el tipo de roca y el uso de cada pieza lítica como cortar; raspar, desbastar, pulir y golpear; además, la información obtenida de la composición mineralógica reveló que las sociedades arcaicas que habitaron este sitio se habrían aprovisionado de manera local y directa de las materias primas chert, caliza y arenisca y de forma regional de la materia prima lutita, con el análisis de los marcadores arqueológicos fue posible determinar que el corte I fue usado como área de confección de artefactos y procesamiento-consumo de alimentos, finalmente, se concluyó que las ondas de fractura observadas en el chert negro son generadas por percusión.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Director: José Antonio Henao Martínez, Químico.

¹ Trabajo en colaboración de químicos, geólogos y arqueólogos.

² Antes del presente.

ABSTRACT

TITLE: STUDY OF RAW MATERIALS, LITHIC TOOLS AND SOIL ANALYSIS IN ACTIVITY AREAS OF THE ARCHAEOLOGICAL SITE PLACED IN HACIENDA LA FE, BETULIA, SANTANDER BY X-RAY DIFFRACTION AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPY.

AUTHORS:

- GINA FERNANDA ALMEIDA MONSALVE**
- ERIKA YURANY TARAZONA JEREZ**

KEY WORDS: MORPHO-TECHNICAL ANALYSIS, SOURCING OF LITHIC MATERIALS, DRX, SEM, ARCHAEOLOGICAL MARKERS.

DESCRIPTION:

The aim of this interdisciplinary³ research was to study the environment of the region El Tablazo, the settlements of the hunter-gatherer communities of the prehistoric place La Fe (7500 B.P⁴ - 3500 B.P); the sourcing of raw materials which were used by these societies to manufacture their lithic tools and the soils that were occupied by them. The archaeological chemistry work was developed in the framework of the management of lithic resources centered on archaeological questions about the occupation of the site, the organization of the daily space and the activity areas in the context of human interaction with landscapes.

The archaeological studies of the lithic material were done by a morphological-technical classification through observation of macroscopic evidence of use using 703 artifacts made of chert, mudstone, limestone and sandstone; the identification of the supply sources of raw materials applying DRX; the determination of activity areas with the detection of archaeological markers using semi-quantitative and qualitative techniques in archaeological soils and the elementary surface analysis of characteristic fracture waves in chert rock by SEM. Contrasting the interdisciplinary analyzes, 8 main morphologies were determined based on the type of the rocks and the use of each lithic piece to cut, scrape, grind, polish and hit; furthermore, the information obtained from the mineralogical composition revealed that the archaic societies that occupied this site would have been locally and directly supplied with the chert, limestone and sandstone raw materials and regionally with the mudstone as raw material; with the analysis of the archaeological markers was possible to determine that the Corte I was used as an area for making artifacts and food processing-consumption; finally, as conclusion was found that the fracture waves observed in the black chert are generated by percussion.

** Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Director: José Antonio Henao Martínez, Químico.

³ In collaboration with chemists, geologists and archeologists.

⁴ Before present.

Introducción

El estudio de materiales prehistóricos distribuidos en tiempo, espacio y en un paisaje determinado, aborda información de diferente naturaleza material y social asociada a la actividad y al desarrollo de las sociedades pasadas. Sin embargo, el tipo de información que se recopila a través del trabajo arqueológico, es normalmente parcial y sesgado y no refleja en su totalidad las características de los materiales, ni el ámbito social y espiritual de los grupos humanos (Polo, 2008, p.689); en consecuencia, para procesar esta información se requiere el aporte de otros saberes científicos relacionados con las ciencias básicas y las geociencias, como es el caso de la química y la geología.

La geología y la arqueología como disciplinas científicas, contemplan una base en común, ya que ambas buscan comprender el pasado a través del estudio de restos materiales que generalmente son hallados bajo la superficie de la tierra. La contribución de la geología a la resolución de problemas relacionados con la arqueología se denomina geoarqueología, cuyo alcance analítico permite abordar aspectos centrales de los estudios arqueológicos como: localización de sitios, geoformas, yacimientos extractivos relacionados con actividades de captación de recursos bióticos y abióticos, distribución de áreas de actividad, estudio de prácticas de manufactura, adquisición, comercio e intercambio de materiales y la conservación de los recursos arqueológicos (Hassan,1979).

Así como la arqueología y la geología mantienen una relación plasmada en los estudios geoarqueológicos; la química como saber científico juega un papel importante en las investigaciones arqueológicas, ya que permite conocer la composición, estructura y propiedades específicas de materiales arqueológicos como líticos, cerámicos, huesos, semillas, suelos, entre otros, con el fin de extraer la máxima información que permita complementar los procesos sociales y culturales de las comunidades prehistóricas, así como afirma el profesor Friedmann Gobel (como se citó en Caley, 1967) “Los resultados de los análisis químicos de materiales arqueológicos, podrían ser útiles en las interpretaciones arqueológicas”. Esta colaboración científica entre arqueología y química, genera un nuevo campo interdisciplinario de investigación conocido como química arqueológica, el cual se ocupa del estudio químico de materiales antiguos y su esencia radica en la capacidad para proporcionar información acerca de las propiedades de los materiales que no pueden ser determinadas solo por observaciones visuales, por tanto, representa una herramienta en la búsqueda de la información almacenada en el material antiguo, en forma de minerales y elementos químicos (Carmel Engineering College, s.f).

La geoarqueología y la química arqueológica como nuevos campos de investigación, permiten tratar temas relacionados con las actividades de subsistencia, la organización y el abastecimiento de materias primas de las comunidades del pasado. En este caso, la investigación arqueológica requiere complementar la historia de las comunidades cazadoras-recolectoras que habitaron la montaña santandereana específicamente en el sitio prehistórico La Fe desde el punto de vista de la interacción de dichas sociedades humanas con los recursos naturales, definiendo las fuentes de procedencia de las materias primas de los materiales arqueológicos hallados(local o regional), conociendo las condiciones de trabajo para la fabricación de herramientas de acuerdo con su uso

planificado y estudiando suelos arqueológicos para la detección de áreas de actividad antrópica. Estos tipos de problemas, han sido abordados desde el siglo XVIII d. C hasta épocas actuales, manteniendo su enfoque interdisciplinario principalmente en países latinoamericanos destacados por su riqueza cultural y material, como lo son México, Argentina, Chile, entre otros (Barros y Messineo, 2004; Hocsman, Somonte y Toselli, 2003; Barba, 2007). En lo que respecta a Colombia, este tipo de investigaciones está dando sus primeros pasos, un caso singular es el reportado en la región santandereana por el arqueólogo Leonardo Moreno, quien estudió la gestión de las materias primas líticas, la tecnología lítica y los asentamientos de las comunidades cazadoras-recolectoras del periodo Arcaico en el río Chucuri sector La Fe-Tablazo, con el objetivo de conocer las estrategias de subsistencia y los procesos de poblamiento mediante la valoración de los atributos naturales de las materias primas y su expresión en las herramientas, concluyendo que las estrategias de supervivencia material y social de estas comunidades se centraron en la gestión de recursos locales (Moreno, 2018).

Es importante resaltar, que la región El Tablazo es una zona variada en términos geológicos, que se representa en las geoformas y elementos estructurales, que jugaron un papel importante en el pasado para la ubicación y desplazamiento humano en función del acceso a recursos bióticos y abióticos. A fin de complementar y profundizar el estudio llevado a cabo en esta región, se propone la aplicación de técnicas analíticas a suelos, herramientas y materia prima lítica en la determinación de áreas de actividad⁵, procedencia y atributos de materiales arqueológicos hallados en la Hacienda La Fe, ubicada en la vereda El Tablazo del municipio de Betulia, Santander; mediante el desarrollo de las siguientes etapas: clasificación morfo-técnica⁶ de

⁵ Se refiere a un área donde se ha realizado una tarea específica o un conjunto de éstas y se caracteriza generalmente por la acumulación de herramientas, productos de desechos y/o acumulación de materia prima.

⁶ Se refiere a los elementos diagnósticos observables que definen los tipos de formatos líticos y sus usos.

materiales líticos por medio de evidencias de uso macroscópicas; determinación de la procedencia del material lítico a través de la relación de la composición mineralógica cualitativa y cuantitativa obtenida por difracción de rayos-X entre las fuentes de materia prima y las piezas líticas del registro arqueológico; identificación y distribución de marcadores arqueológicos en suelos implementando técnicas semi-cuantitativas y cualitativas (DRX) y determinación elemental sobre ondas de fractura por medio de microscopía electrónica de barrido.

En síntesis, esta investigación interdisciplinaria fortaleció el conocimiento de las comunidades prehistoricas, su relación con el entorno ambiental, su desarrollo tecnológico expresado en las herramientas liticas y su actividad social y productiva determinado en la valoración de los suelos de ocupación. Esto permitió enriquecer el conocimiento arqueológico regional, el entendimiento y la comprensión de la interacción de las sociedades humanas prehistoricas regionales con los recursos naturales propios de este territorio, dando un aporte técnico desde el punto de vista geológico y químico para resolver preguntas arqueológicas, complementado así la historia de los antepasados y los procesos sociales que han tenido lugar en esta región.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Aplicar técnicas analíticas a suelos, herramientas y materia prima lítica en la determinación de áreas de actividad, proveniencia y atributos de materiales arqueológicos hallados en la Hacienda La Fe, Betulia, Santander del nororiente colombiano.

1.2 Objetivos específicos

- ✓ Obtener, clasificar y caracterizar mediante técnicas analíticas los materiales líticos arqueológicos.
- ✓ Comparar las características mineralógicas entre los materiales líticos y los yacimientos de la región previamente seleccionados.
- ✓ Obtener e identificar residuos químicos en sedimentos arqueológicos mediante el uso de técnicas analíticas aplicadas a suelos.

2. Marco de antecedentes

Una de las líneas de investigación dentro de los campos de la geoarqueología y la química arqueológica que ha cobrado relevancia en las últimas décadas, ha sido el estudio sobre la industria lítica, la explotación, el abastecimiento (transporte e intercambio) y el uso de la materia prima, así como el intento por inferir áreas de actividad de los diversos asentamientos prehistóricos, mediante el uso de métodos y técnicas con el fin de demostrar, explicar y describir parte del comportamiento de las sociedades del pasado.

En Santander, las investigaciones sobre material lítico, áreas de actividad y la relación paisaje-cultura material son escasas, ya que la arqueología de la región santandereana es relativamente reciente, y por tanto, existen vacíos relacionados con las ocupaciones humanas desde épocas prehistóricas; el trabajo más reciente fue el realizado por el arqueólogo Leonardo Moreno en la región del Tablazo en el año 2018 titulado: Cazadores recolectores del periodo Arcaico en el Valle del río Chucurí, nororiente de Colombia: asentamientos y explotación de materias primas⁷, donde propone una investigación interdisciplinaria entre la geología, la arqueología y la química para el estudio de la gestión de materias primas líticas y el análisis de la tecnología lítica, con el objetivo de conocer las estrategias de subsistencia de las comunidades

⁷ Este trabajo surgió como producto de la síntesis de datos y resultados obtenidos en la investigación: Tecnología lítica y cerámica: sociedades prehistóricas del río Sogamoso, Santander, entre los años 2012 y 2014 que corresponde a su tesis doctoral realizada en la Universidad Autónoma de Barcelona.

pasadas. En este trabajo se llevó a cabo el análisis morfo-técnico de los artefactos arqueológicos recuperados, con el fin de definir los formatos asociados a actividades productivas (cortar, raspar, punzar, etc.) y se aplicó el análisis por DRX para establecer una base común de comparación mineralógica, entre los materiales arqueológicos y las materias primas recolectadas de afloramientos naturales y cuerpos de agua aledaños al sitio arqueológico en un radio de 5 Km. Finalmente, la presencia de núcleos y herramientas pequeñas, los resultados de DRX y la ausencia de materiales líticos alóctonos, permitió concluir que las comunidades cazadoras-recolectoras que habitaron esta región, tuvieron un rango de movilidad muy pequeño, es decir, se centraron en la gestión de los recursos locales (Moreno, 2018).

Así mismo, en Colombia, la identificación y diferenciación geológica de las fuentes de materias primas, han permitido estudiar la procedencia de materiales líticos, el uso de los recursos del paisaje y la relación intercultural entre diferentes comunidades; aunque son pocas las investigaciones que tienen estos fines, investigadores como Natalia Acevedo, quien en su trabajo realizado en el año 2014, reportó el estudio de piezas líticas halladas en La Península de la Guajira y la Sierra Nevada de Santa Marta confeccionadas en jade (tipo nefrita, tipo jadeíta) conservadas en el Museo de Oro del Banco de la República de Colombia, mediante la aplicación de análisis de densidad, análisis microscópico, FRX, secciones delgadas, DRX y espectroscopía RAMAN, y el estudio de las fuentes de materia prima de jade (playas de Nahuange, Gayraca, Inca Inca, Calderón, Santo Cristo y Concha; cantera de talcosita actualmente activa en la Sierra Nevada de Santa Marta y Formación Siamaná en la zona de Parashi, Península de la Guajira) analizadas por DRX y Microsonda Electrónica de Barrido (EPMA). Finalmente, a través de la comparación mineralógica de los resultados tanto de las piezas líticas como de la materia prima, se determinó la procedencia local para las piezas elaboradas en jade tipo nefrita, en el caso de las

piezas elaboradas en jadeíta se concluyó que hacían parte de la llamada “ruta del jade”, relacionada a posibles trayectorias desde México y Guatemala, hasta el norte de Colombia y el oeste de Venezuela. Adicionalmente, en este trabajo se logró identificar la existencia de variscita, un material no reportado en Colombia, de gran importancia para la geología y la arqueología del Caribe, ya que su existencia podría evidenciar las relaciones interculturales entre comunidades precolombinas (Nahunage y Tairona), con otras comunidades establecidas en áreas más lejanas (Acevedo, 2014).

Además de Colombia, existen otros países suramericanos en los que se han realizado varios estudios de procedencia de materias primas líticas, con el objetivo de discutir aspectos asociados tanto a la distribución y la disponibilidad de las rocas, como de los modos de obtención y la explotación de yacimientos en relación con la movilidad de las poblaciones que habitaron el área. Dentro de estos estudios, se pueden mencionar el de los antropólogos Barros y Messineo determinaron la procedencia de 923 artefactos líticos confeccionados principalmente en ftanita, hallados en cuatro sitios arqueológicos ubicados en la cuenca superior del Arrollo Tapalqué, Sierra Tandilia (Argentina), mediante la comparación de la composición mineralógica de estos artefactos con su posible fuente de materia prima, localizada en tres niveles estratigráficos de ftanita pertenecientes al cordón serrano de Tandilia (Sierras Bayas); esta identificación se logró mediante el uso de DRX y análisis petrográficos, estableciendo características mineralógicas y estructurales distintivas tanto de los artefactos líticos como de su materia prima (ftanita), determinando finalmente que los grupos humanos que habitaron la cuenca superior del Arrollo Tapalqué, se había aprovisionado del segundo nivel de ftanita del cordón serrano de Tandilia para fabricar sus instrumentos líticos (Barros y Messineo, 2004).

Además del estudio de procedencia de materiales líticos, también es necesario resaltar la importancia de su forma y función, éste ha sido sin duda uno de los temas más discutidos desde los comienzos de las investigaciones arqueológicas ya que los aspectos funcionales de los instrumentos líticos pueden determinarse desde diferentes perspectivas; una de ellas es la planteada por los investigadores Hocsman, Somonte, Babot, Martel y Toselli quienes en el año 2003 analizaron tecno-tipológicamente 3162 artefactos líticos tallados del sitio Campo Blanco (Quebrada Amaicha, provincia de Tucuman) según el tipo de roca, la talla y su representatividad en la muestra, identificando 3 grupos generales: núcleos, desechos de talla y artefactos formatizados; así mismo, realizaron el análisis morfológico-funcional que permitió distinguir funciones primarias de los artefactos formatizados como cortar, desbastar, incidir, raspar, golpear y percutir. El análisis litológico se llevó a cabo a partir de la observación macroscópica de muestras de mano, determinando categorías litológicas generales como vulcanitas, metamorfitas, cuarzo, cuarcita y sílices; estos tipos de análisis posibilitaron la identificación del sitio a cielo abierto Campo Blanco, en un primer momento, como un campamento-taller y luego, como una fuente terciaria de abastecimiento para grupos posteriores de cazadores-recolectores y sociedades agropastoriles (Hocsman *et al.*, 2003).

Los trabajos interdisciplinarios mencionados hasta ahora, solo abordan una de las escalas de análisis espacial arqueológico, interpretando el comportamiento humano únicamente a partir de los restos materiales depositados en el paisaje. Existe otra escala de investigación que analiza las actividades humanas desarrolladas frecuentemente en un tiempo y espacio determinado, utilizando no solo el registro de los recursos bióticos y abióticos, sino los marcadores arqueológicos presentes en suelos, dando una visión más completa de los procesos sociales que caracterizan a cada comunidad. El estudio de estos marcadores arqueológicos ha sido fomentado

por diferentes investigadores como William D. Middleton, T. Douglas Price, R. P. Evershed entre otros, pero principalmente ha sido impulsado por el Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM a cargo del doctor Luis Barba y colaboradores, uno de sus trabajos más recientes fue en el año 2013, donde presentaron estudios acerca de la alimentación en el pasado, mediante la información que proporcionaron ciertos residuos químicos presentes en materiales como los suelos y las cerámicas, esta información se obtuvo a partir de estudios etnoarqueológicos y de pruebas semi-cuantitativas realizadas en el laboratorio para determinar la presencia de ácidos grasos, residuos de proteínas, fosfatos y carbohidratos. Los resultados obtenidos de los análisis de residuos químicos en suelos, les permitieron detectar espacios de preparación y consumo de alimentos, y el estudio de recipientes cerámicos proporcionó información acerca del tipo de alimento consumido en el pasado (Barba, Ortiz y Pecci, 2013).

Aunque en Colombia, son pocos los registros detallados que indican el uso del espacio doméstico de los diferentes grupos sociales que habitaron el país, Barba y Ortiz hicieron parte de una de las investigaciones liderada por Obregón en el Valle de Aburrá, en la que detectaron compuestos orgánicos en suelos mediante análisis semi-cuantitativos de una unidad habitacional prehispánica, logrando distinguir tres zonas diferentes: aquellas en las que confluyen todas las sustancias (junto con cerámica, lítica y restos botánicos) que sería catalogada como la zona de acumulación de desechos de alimentos; aquellas en las que sólo confluyen algunas (ácidos grasos y residuos proteicos) definida como la zona de preparación de alimentos; y finalmente aquellas en las que se registra exclusivamente una sustancia o ninguna, en este caso, hace alusión a las zonas de pH alto que se atribuyen a la localización de un fogón. Es importante resaltar, que este tipo de análisis semi-cuantitativos necesariamente son corroborados etnográfica y arqueológicamente (Obregón, Barba, Ortiz y Gómez, 2011).

Las anteriores investigaciones, han tenido como base teórica la recopilación de una serie de trabajos dedicados a la identificación y delimitación de áreas de actividad, usando no solo el análisis químico de fosfatos, carbonatos y pH, sino también la caracterización de ácidos grasos, residuos de proteínas y carbohidratos, que permitieron demostrar el gran potencial de los estudios interdisciplinarios para entender las actividades domésticas realizadas en las unidades residenciales, así como las actividades de rituales que han dejado residuos químicos en los pisos (Barba, 2007), esto surgió de la necesidad de complementar las primeras investigaciones enfocadas únicamente en la determinación de carbonatos, fosfatos y pH, como es el caso del estudio realizado en el año 1996 en una unidad habitacional en Azcapotzalco, México, donde se determinaron áreas de actividad en base a la interpretación de los análisis químicos de suelos y los restos de materiales arqueológicos recuperados en la excavación (líticos y cerámicos). Los resultados químicos de pH mostraron valores altos en algunos cuartos relacionados con la presencia de ceniza, causada quizás por una intensa actividad de procesamiento de alimentos, lo cual se corroboró con las grandes cantidades de carbonatos que sugirieron procesos de nixtamalización (cocción del maíz); por otro lado, en áreas donde los valores de pH y fosfatos fueron bajos, se interpretó como área de descanso y en el caso donde se detectaron altos valores de pH y fosfatos se infirió un área de preparación y consumo de alimentos, la información obtenida a partir del estudio de éstos marcadores arqueológicos para inferir áreas de actividad se complementó con los diferentes tipos de material lítico y cerámico utilizado por las comunidades indígenas de Azcapotzalco como navajas y vasijas (Barba, Ortiz, Link, López & Lazos, 1996).

3. Marco teórico

Desde la perspectiva arqueológica, se define el paisaje como una construcción histórico-cultural, identificada con formas específicas (en tiempo y espacio) de utilizar, organizar y alterar un espacio con un propósito particular, ya sea religioso, económico, social, político, cultural o simbólico (Martin, s.f; Sánchez, 2010). Considerando lo anterior, se deriva la arqueología del paisaje, como herramienta para reconstruir y comprender las sociedades del pasado, mediante el estudio de los procesos tafonómicos, modelos económicos, sistemas sociales y simbólicos y el uso de métodos de geoarqueología, fotografía aérea, teledetección y reconocimiento de superficies (Gkiasta, 2008).

Disciplinas como la geografía, la geología, la arqueología y antropología estudian el paisaje, como un producto natural-físico y social-cultural, cuya modificaciones antrópicas se por el uso de la tierra se expresa culturalmente en las distintas geoformas que se pueden determinar en las lecturas de paisaje, en el entendido que muchas de estas modificaciones están ocultas al ser sepultadas por actividades naturales, en cuyo caso específico toma gran importancia los estudios de suelo y los análisis químicos.

Desde el enfoque de la arqueología del paisaje, se hace necesario el análisis del espacio físico (paisaje) con el fin de comprender los patrones de poblamiento (conjunto de respuestas histórico-culturales de supervivencia) y entender la distribución y el contexto de la evidencia material, partiendo de la idea de que el paisaje es uno de los recursos más estables a través del tiempo, donde se revelan las evidencias de las estrategias de subsistencia humana en el ámbito económico, político, social y cultural (Moreno, 2015).

Colombia cuenta con un amplio patrimonio arqueológico representado por bienes y artefactos de amplia variedad, entre los que se encuentran materiales líticos, cerámicos, orfebres y metálicos. Al analizar estos artefactos a través de métodos y técnicas apropiadas, los investigadores logran interpretar acontecimientos socioculturales, adscritos a referentes cronológicos lo que les permite reconstruir y entender cómo vivían los grupos humanos en el pasado y su interacción con el entorno (Instituto Colombiano de Antropología e Historia, [ICANH], s.f).

En algunos de los estudios arqueológicos realizados en el actual Departamento de Santander, se han reportado materiales líticos como piedras de moler y manos de moler, hachas trapezoidales, cuchillos y raspadores (para trabajar el hueso y pieles de animales), percutores y pulidores, objetos de artesanía doméstica como collares, pequeños colgantes y sus materias primas asociados a la existencia de sociedades cazadoras-recolectoras de los periodos Paleoindio y Arcaico. Asimismo se han hallado restos humanos, fragmentos cerámicos, partes de textiles de algodón y artefactos de piedra como elementos indicadores del trabajo doméstico (Cifuentes, 1989; Guerrero y Martínez, s.f).

3.1 El rol de la geología en los estudios arqueológicos

La geología es uno de los saberes científicos más asociados con la arqueología. “Los aspectos de la geología y la arqueología son similares, pues ambos investigan los limitados y esporádicos remanentes del pasado” (Szilágyi *et al*, 2012, p.1). Esta convergencia entre arqueología y geología ha dado lugar a la geoarqueología, como un trabajo interdisciplinario, que consiste en la contribución teórica y metodológica de las ciencias de la Tierra a la arqueología. La

geoarqueología se encarga principalmente de dar respuesta a un problema arqueológico utilizando métodos, técnicas y conceptos de la geología, con el objetivo de estudiar y analizar la vida de las sociedades pasadas, sus tecnologías, medios de producción, redes de comercio, entre otros; es decir, comprende la búsqueda de la relación entre las sociedades pasadas y el paisaje, donde el paisaje puede ser visto como la interacción de los procesos físicos y las actividades culturales (Acevedo, 2014; Maher, 2017). En razón de lo expuesto, el arqueólogo Colin Renfrew (como se citó en Acevedo, 2014) señala que “Todo problema arqueológico inicia como un problema geoarqueológico”, esta afirmación puede fundamentarse en que los materiales arqueológicos son hallados en zonas con características geológicas determinadas y son elaborados a partir de determinados recursos naturales.

Los alcances de la geoarqueología tratan una amplia gama de temas y tratar directamente de:

1. Cultura material: cómo se fabricaron, obtuvieron y usaron los objetos físicos.
2. Actitudes culturales y percepciones del paisaje: estado simbólico de los artefactos y las características del paisaje.
3. Modificación del paisaje y otros impactos humanos.
4. Subsistencia: cómo se manipularon culturalmente los recursos.
5. Asentamientos: cómo las relaciones entre patrones en el paisaje y en el asentamiento varían con el tiempo.
6. Actividades diarias: identificar actividades o rutinas únicas y repetidas y
7. Sostenibilidad: examinar la temporalidad de actividades humanas específicas (Maher, 2017).

3.2 El rol de la química en la arqueología

En el esfuerzo por comprender los modos de vida de las sociedades pasadas, los arqueólogos afrontan desafíos particulares, ya que no pueden observar el comportamiento humano directamente y carecen del acceso a los registros codificados verbalmente del pasado, en su

lugar, deben intentar inferir el comportamiento y las creencias humanas, a partir de restos sobrevivientes de lo que las personas crearon y usaron (Trigger, 1988). Razón por la cual, la arqueología, ha interactuado desde sus comienzos con algunas ciencias naturales como la física, la química y la biología recurriendo al método científico, con el objetivo de recopilar e interpretar la información de cada artefacto único e irremplazable (Pollard, Heron & Armitage, 2017).

Desde finales del siglo XVIII, la química ha proporcionado a los arqueólogos un espectro de métodos químicos e instrumentales para responder preguntas acerca de la composición, la cronología y la autenticidad, al tiempo que contribuye a la conservación de los artefactos. El reconocimiento del poder de la química para informar la investigación arqueológica, condujo al desarrollo del campo especializado conocido como química arqueológica (Harper, 2017). La química arqueológica investiga la composición orgánica e inorgánica, elementos e isótopos, moléculas y compuestos de materiales arqueológicos (cerámicas, huesos, líticos, suelos, entre otros) basándose principalmente en: la caracterización, que es la medición de la composición química de una variedad de materiales; la identificación, enfocada en la determinación del material original de un elemento desconocido; la procedencia, orientada a establecer la relación de un artefacto arqueológico con la fuente geológica de materias primas y los análisis que se encargan de estudiar los residuos químicos depositados en los materiales arqueológicos como consecuencia de las actividades humanas repetitivas y que pueden sobrevivir por muchos años (Price & Burton, 2012; Pollard *et al.*, 2017).

3.3 La geoarqueología y la química arqueológica en la valoración de materiales arqueológicos

Existe una amplia gama de materiales que los seres humanos han utilizado con el propósito de responder a sus necesidades biológicas y sociales; muchos de ellos, se pueden encontrar en sitios arqueológicos y representan una estrategia socio-económica de la relación directa de los grupos humanos con su entorno ambiental, con frecuencia, los materiales hallados en sitios arqueológicos son: líticos, cerámicas, hueso, suelos, metales, semillas, entre otros, a continuación se examinan los materiales arqueológicos hallados en el área de estudio.

3.3.1. Artefactos líticos. Un artefacto lítico, representa cualquier objeto de piedra modificado por el ser humano y son la única evidencia que queda de los primeros sitios arqueológicos. Los arqueólogos estudian la prehistoria e historia nativa identificando varios tipos de artefactos líticos y comúnmente, describen las herramientas de piedra en términos de los atributos físicos resultantes de la actividad humana o transformación intencional, con el fin de explicar los procesos técnicos desarrollados y la funcionalidad del asentamiento. La fabricación de estos artefactos líticos, involucra la selección adecuada de la materia prima como estrategia de gestión de los recursos minerales y la determinación de técnicas específicas para su talla, puesto que, estas características reflejan los acontecimientos socio-productivos de una comunidad y permiten comprender las causas que generan dicha actuación (Moreno, 2015); es así, como el tipo de roca elegido para fabricar herramientas, tiene una estrecha relación con su uso planificado, por ejemplo, el chert puede ser tallado con el fin de obtener herramientas generalmente con filos, como las navajas y los cuchillos destinadas a las actividades de corte.

3.3.1.1 Tipos de rocas. Las rocas son el material más común y abundante de la Tierra y se definen como un agregado cohesivo y sólido de origen natural de uno o más minerales. Los minerales son compuestos químicos (o en algunas ocasiones elementos únicos), cada uno de ellos con su propia composición y propiedades físicas. Las rocas se pueden clasificar ampliamente en tres grandes grupos en función de su proceso de formación: rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias (Tarbuck y Lutgens, 2005). A continuación se describe el grupo de rocas encontradas en el sitio de excavación:

Rocas sedimentarias. Las rocas sedimentarias comprenden cualquier tipo de roca formada por sedimentos, los cuales luego de producirse a partir de procesos de meteorización, son transportados por el agua, el viento o el hielo glacial a lugares de sedimentación, donde se depositan en capas sobre la superficie de la tierra y se convierten en roca por los procesos de compactación o cementación (litificación). Los sedimentos se pueden producir principalmente a partir de procesos de meteorización mecánica y química. Cuando el sedimento, es producido por la acumulación de material en forma de clastos⁸ provenientes de la combinación de los procesos de meteorización mecánica y química, se denominan sedimentos detríticos⁹ y dan origen a rocas sedimentarias detríticas. Si el sedimento es material soluble, producido por procesos de meteorización química, las rocas formadas se conocen como rocas sedimentarias químicas (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Las Tabla 1 y Tabla 2 muestran la clasificación de rocas sedimentarias según el origen de sus sedimentos. El principal criterio para denominar las rocas sedimentarias detríticas es el tamaño de los clastos, mientras que para las rocas sedimentarias químicas el principal criterio es su composición mineral.

⁸ Fragmentos de roca de distinto tamaño y variada procedencia.

⁹ Partes pequeñas en las que se descompone una roca.

Tabla 1. Grupo de rocas sedimentarias detríticas.

Tamaño del clasto	Nombre del sedimento	Nombre de la roca
Grueso (más de 2 mm)	Grava (clastos redondeados)	Conglomerado
	Grava (clastos angulosos)	Brecha
Medio (de 1/16 a 2 mm)	Arena	Arenisca
Fino (1/16 a 1/ 256 mm)	Limo	Limolita
Muy fino (menos de 1/256 mm)	Arcilla	Lutita

Adaptado de Tarbuck y Lutgens (2005).

Tabla 2. Grupo de rocas sedimentarias químicas.

Composición	Nombre de la roca
Calcita, CaCO_3	Caliza
Cuarzo, SiO_2	Rocas silíceas
Yeso, $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Yeso
Halita, NaCl	Salgema
Fragmentos vegetales alterados	Hulla

Adaptado de Tarbuck y Lutgens (2005).

A continuación se describen las rocas sedimentarias detríticas y químicas encontradas en el sitio de excavación:

Areniscas: pertenecen al grupo de las rocas sedimentarias detríticas, compuestas por granos de tamaño medio entre 1/16 y 2 mm de diámetro, este tipo de roca está formada principalmente por fragmentos de roca , granos de cuarzo, feldespato y otros componentes como la matriz y el material cementante. La matriz suele estar constituida por minerales arcillosos y granos de tamaño limoso, mientras que los materiales cementantes más comunes son la calcita, el sílice y el óxido de hierro (Tarbuck y Lutgens, 2005).

La clasificación aceptada de este grupo de rocas se basa en el porcentaje de sus constituyentes, en la geología y en el grado de meteorización de la zona de procedencia. Cuando el cuarzo es el mineral predominante (aproximadamente entre 95% - 97%), la arenisca se denomina cuarzoarenita y generalmente es de color gris pálido a blanquecino, aunque

frecuentemente pueden exhibir tonos de color rojo debido a la presencia de óxidos de hierro. Si la arenisca contiene cantidades apreciables de cuarzo y feldespatos (40%-50 %), la roca se denomina arcosa y se halla de color rosáceo o rojo debido a la presencia de feldespatos o hematitas; una tercera variedad de areniscas se conoce como grawuaca, la cual se diferencia de las anteriores por su contenido de matriz (>15%) constituida por clastos de tamaño arcilloso y limoso los cuales le otorgan el color gris oscuro (Prothero & Schwab, 2004; Stow, 2005; Tucker, 1982).

Lutitas: son rocas sedimentarias detríticas compuestas principalmente por minerales arcillosos y micas finas, además de cuarzo y feldespato. El grano muy fino (menos de 1/256 mm) que hace parte de este tipo de rocas, puede ser consecuencia de procesos de sedimentación gradual de corrientes de aguas tranquilas. Este tipo de roca puede clasificarse en: físis¹⁰, no físis, limolitas y margas (calcáreas) y se presentan de varios colores como rojo, púrpura, café, amarillo, verde, negro y algunos tonos de color gris oscuro, medio y claro. Los colores más oscuros se deben principalmente al contenido de carbono orgánico; los colores pálidos se atribuyen a texturas limosas o a un mayor contenido biogénico¹¹ (especialmente material calcáreo); el espectro de rojo a verde generalmente depende del estado de oxidación del hierro presente, lutitas en zonas oxidadas y en zonas reducidas son de color rojo y verde, respectivamente. (Tucker, 1982; Tarbuck y Lutgens, 2005; Stow, 2005).

Calizas: son rocas sedimentarias químicas, constituidas fundamentalmente por calcita (CaCO_3). Las calizas pueden clasificarse a partir del tamaño de grano, existiendo así, las calcilutitas, (<63 μm), las calcarenitas (63 μm -2 mm) y las calciruditas (> 2 mm). El tamaño de grano y las impurezas, son un factor clave que influye en el color de las rocas carbonatadas. Las

¹⁰ Tendencia a dividirse o separarse a lo largo de superficies paralelas delgadas y muy espaciadas.

¹¹ Proveniente de los organismos vivos o procesos biológicos.

calizas muy puras, tanto de grano fino como grueso, son de color gris claro a blanco. En el caso de las calizas menos puras y de grano fino, el color gris oscuro es a menudo común. La naturaleza de la impureza también puede determinar el color, las calizas ricas en compuestos orgánicos son de color gris oscuro, mientras que si se incrementa el contenido de hierro, las calizas pueden ser de color rosáceo a rojizo (Tucker, 1982).

Cherts: son rocas sedimentarias químicas de grano fino, compuestas principalmente de cuarzo (>90%) con otras pequeñas cantidades de impurezas que le conceden propiedades físicas como la dureza, el color y la fractura concoidal¹² con bordes afilados. El color depende de las impurezas y los rangos van desde blanco a gris pálido (puro), café a rojo (trazas de hierro), verdes (trazas de hierro de arcillas de tipo clorita o esmectita en rocas volcanoclásticas) y gris oscuro a negro (arcillas y materia orgánica). Este tipo de rocas suele encontrarse fundamentalmente como nódulos con estratos de caliza o como capas de roca (Stow, 2005; Tarbuck y Lutgens, 2005).

3.3.1.2 Cadenas operativas. Estudia la actividad técnica a partir de los distintos momentos que pueden distinguirse en la fabricación de cualquier producto, desde el estadio inicial o recolección de la materia prima hasta la construcción, utilización o desecho de la pieza resultante, con el objetivo de organizar la cronología del procesos de transformación de una materia prima obtenida del medio ambiente e introducida en el circuito tecnológico de las actividades de producción. Las etapas establecidas en la cadena operativa para el estudio de los procesos técnicos son:

- a) Adquisición de materias primas
- b) Preparación del bloque bruto para conformar el núcleo

¹² Fractura con superficies suaves y lisas como la cara interior de una concha.

- c) Débitage¹³ y mantenimiento del núcleo
- d) Transformación de los productos brutos en útiles y utilización de los mismos.
- e) Abandono de los productos empleados, eventualmente después de su reciclaje y reutilización. (Terradas, 2001)

3.3.1.3 Tipología lítica. En el pasado, el hombre llevó a cabo procesos de modificación de recursos minerales para obtener piezas o artefactos con un uso planificado; el estudio de estos procesos actualmente se conoce como tipología lítica y se encarga de reconocer, describir y clasificar las industrias en piedra, partiendo de la observación de las evidencias de uso macroscópicas, con el fin de deducir y reproducir las prácticas de manufactura que realizaron las comunidades del pasado, abarcando desde la elección de la materia prima hasta el objeto terminado y abandonado después de su uso. Este tipo de materiales constituyen el principal objetivo del trabajo de los arqueólogos ya que poseen una alta resistencia al ataque de los agentes atmosféricos, permitiendo que sean uno de los más antiguos y abundantes testigos del trabajo humano. A continuación se presenta la descripción morfo-técnica de las herramientas líticas halladas en el sitio La Fe, partiendo de las definiciones propuestas por el arqueólogo Leonardo Moreno y otros autores (Merino, 1994; Alcayde, s.f; Águila, 2005; Jiménez, s.f; Kowta, 1980).

Alisador: instrumento de piedra sin tallar con una o varias superficies de uso, caracterizadas por ser planas y lisas. Al realizar pruebas físicas (tacto) sobre las areniscas, sus superficies con córtex¹⁴ no son de textura suave, pero en zonas donde el córtex disminuye como consecuencia de la actividad humana (frotar), la fricción tiende a cero y se observan áreas suaves y planas (en el caso del chert, las superficies planas y lisas son características intrínsecas a este tipo de roca).

¹³ Conjunto de operaciones destinadas al fraccionamiento consciente de un bloque de materia prima para la obtención de unos productos determinados.

¹⁴ Superficie exterior de la roca

Base: canto rodado¹⁵ o bloque de roca natural que no presenta rastro de utilización.

Cinzel: herramienta alargada y estrecha, con el filo en uno de los bordes. Su sección de corte puede ser redonda, cuadrada, hexagonal o rectangular.

Chopper: canto rodado con corte unifacial o bifacial determinado por la extracción de una o varias lascas sobre una de sus caras formando un filo, el extremo del chopper generalmente es liso y permite el acomodo de forma natural.

Cuchillo: artefacto alargado y laminar conformado por un borde longitudinal de uso, que corresponde a la superficie de filo muy cortante y un borde opuesto con el que se ejerce presión con los dedos.

Cuña: herramienta con forma de planos opuestos inclinados lisos convergentes; en algunos casos la cara superior puede estar alisada (superficie de impacto).

Hacha: pieza de desarrollo longitudinal y sección oval o similar, que presenta dos extremos diferenciados: uno presidido por un filo cortante y otro opuesto que habitualmente se conoce como base o talón, el resto de partes del hacha son: bordes, cuerpo y planos de pulimento.

Lasca: Se conoce como lasca a cualquier material extraído de un núcleo, ya sea intencional o no. En algunos casos, las lascas se modifican adicionalmente para hacer una herramienta y se conocen como lasca con borde activo; en otras ocasiones, pueden ser el material de desecho de la conformación, adelgazamiento o reafilado de una herramienta de piedra denominadas lasca sin borde activo.

Mano de moler: piedra generalmente ovalada que presenta desgaste convexo en superficies anchas y posibles marcas de picado, como producto del movimiento circular o de ida y vuelta durante el tratamiento de recursos vegetales (molienda y triturado).

¹⁵ Roca de tamaño variado lisa y redondeada como consecuencia del desgaste sufrido por una corriente de agua.

Molino de mano: gran bloque de piedra en forma de cuenca que generalmente es utilizado para la molienda de recursos vegetales, fabricado comúnmente de materiales graníticos. Se caracteriza por su superficie cóncava poco profunda y suavemente curvada.

Multiuso: herramienta lítica de uso múltiple, es decir, tiene dos o más funciones.

Navaja: tipo especial de lasca con filo cuya longitud excede el doble de su máxima anchura.

Núcleo: bloque de materia prima que sirve de base para la extracción de otras piezas líticas o masa natural sobre el que se ha desbastado, es decir, se han aplicado una o varias percusiones sin haber fabricado un instrumento.

Placa: sección de roca en forma de lámina generalmente calcárea, en la que se observan zonas suaves como producto de actividades relacionadas con el procesamiento de recursos vegetales.

Placa natural: sección de roca en forma de lámina generalmente calcárea que no presentan rastros de actividad humana.

Punzón: herramienta de piedra afilada que finaliza en punta y que se utiliza para generar troqueles, agujeros u hoyos sobre una superficie.

Raedera: lasca o lámina de tamaño mediano a grande, que presenta retoques continuos y regulares que determinan un filo semicortante.

Yunque: herramienta en forma ovalada de tamaño grande y mediano, que presenta huellas en su superficie como consecuencia de contragolpes provocados por la talla y el aprovechamiento de recursos vegetales.

3.3.1.4 Análisis de procedencia de herramientas líticas. Determinar la procedencia de un objeto histórico, en este caso, herramientas líticas, involucra la identificación o medida de un número suficiente de propiedades características del objeto, que se relacionan de manera

convinciente, ya sea para grupos de objetos en los cuales su relación ha sido determinada mediante características similares o caracterización de fuentes de materias primas que podrían haber sido utilizadas en su fabricación.

La caracterización de fuentes de materias primas, implica la determinación final de procedencia, lo que significaría la definición del origen probable de las herramientas, es decir, la fuente de extracción o el taller real donde se fabricaron. Sin embargo, esto se satisface si se puede inferir la región de origen general, incluso, si se puede demostrar que la herramienta tiene una alta probabilidad de haber tenido el mismo origen que un grupo de herramientas similares, es decir, con características coincidentes. Las características determinadas en un análisis de procedencia, son de dos tipos básicos: propiedades estructurales las cuales infieren cómo se fabricó el objeto y propiedades de la composición las cuales infieren de qué materiales se fabricó un objeto. Un análisis de este tipo, tiene como fin: la identificación y la determinación de las cantidades relativas de los diversos materiales que se utilizaron para fabricar un objeto y el establecimiento de patrones cualitativos, cuantitativos o semicuantitativos de las concentraciones de elementos químicos, minerales o de isótopos estables de elementos dentro del objeto, que puede indicar las fuentes geológicas de estos materiales (Sayre, 2000).

En el contexto del abastecimiento y procedencia, es necesario conocer las características de la materia prima junto con sus especificidades requeridas por las comunidades, la procedencia geográfica y litológica, así como el estudio del origen de los materiales arqueológicos basado en el cumplimiento de la regla de procedencia, en la cual se establece que las diferencias químicas entre el artefacto lítico y su fuente de materia prima, deben ser menores que las diferencias existentes entre éste y otras posibles fuentes, en otras palabras, si la fuente geológica puede ser distinguida químicamente, el artefacto lítico hallado a cierta distancia que comparta esta misma

química podría ser identificado, es decir, se determinaría su procedencia o lugar de origen. El estudio de procedencia involucra un material o artefacto cuya composición química permanece inalterada después de su extracción, una cantidad de fuentes geológicas posibles con un número adecuado de muestras para evaluar su composición y una o más combinaciones de elementos o compuestos que distinguen adecuadamente las fuentes (Price & Burton, 2012).

3.3.2 Suelos arqueológicos. Los suelos contienen una importante fuente de información, ya que según Renfrew & Bahn (2007) son “el soporte de la vida” (p.211). Los suelos reflejan la variabilidad espacial y temporal de procesos ecológicos y antrópicos, quedando registrado el impacto de las actividades humanas (por ejemplo, la preparación y el consumo de comida) y el entorno ecológico en el que se desarrollan (Holliday, 2004). Teniendo en cuenta que el material más abundante de un sitio arqueológico es el suelo, el análisis de los residuos químicos puede proporcionar una información muy útil para el estudio de las actividades antrópicas y el uso determinado del espacio, especialmente si esta información se combina con la que proporcionan otras evidencias por ejemplo, artefactos líticos, restos botánicos y óseos (Middleton *et al.*, 2010; Barba 2007).

3.3.2.1 Composición y propiedades del suelo. El suelo es una combinación de materia mineral y orgánica, agua y aire; aunque la proporción de estos componentes varía, generalmente la mitad del volumen total del suelo superficial, está compuesto por una mezcla de roca desintegrada (materia mineral) y de humus que comprende los restos descompuestos de la vida animal y vegetal (materia orgánica), la otra mitad consiste en espacios porosos entre las partículas sólidas donde circula el aire y el agua (Tarbuck y Lutgens, 2005).

La fracción mineral del suelo comprende una mezcla de componentes inorgánicos, originados en los minerales que constituyen el material a partir del cual se ha formado el suelo (roca ígnea, sedimentaria o metamórfica), los minerales más abundantes suelen ser de la clase de los silicatos como arcillas, micas, cuarzo, feldespatos, además de minerales no silicatados como óxidos, hidróxidos, oxihidróxidos, carbonatos, fosfatos, sulfatos, entre otros. Por otro lado, la fracción orgánica del suelo es una mezcla heterogénea compleja de materiales orgánicos que incluye: restos y residuos de plantas y animales, la descomposición de los tejidos orgánicos, la degradación o descomposición de moléculas orgánicas complejas y la reorganización de algunos productos de degradación; constituidos principalmente por hidrógeno, carbono y oxígeno acompañados de otros elementos como nitrógeno, azufre, potasio, calcio y magnesio, los cuales se hallan integrados en estructuras tales como: carbohidratos, ligninas, proteínas, aminoácidos y derivados nitrogenados, ácidos orgánicos, ceras, grasas, resinas y otros (Porta, López y Roquero, 1999; Cepeda, 2002; Honorato, 2000).

La proporción en la que se encuentren estos componentes, determina una serie de propiedades físicas y químicas entre las que se pueden resaltar: color, porosidad, drenaje, capacidad de intercambio iónico, adsorción y pH (acidez y basicidad), que juegan un papel importante en los procesos de almacenamiento de los residuos químicos asociados a actividades humanas, considerándose una evidencia en el registro arqueológico (Barba & Lazos, 2000; Evershed, 2008).

3.3.2.2 Valoración de suelos arqueológicos para determinar áreas de actividad. En las últimas décadas, la identificación de áreas de actividad antrópica para el estudio del uso del espacio, se ha convertido en uno de los principales intereses de la investigación arqueológica. En

este sentido, el análisis de la distribución espacial de residuos químicos y restos físicos que se encuentran en el suelo arqueológico, utilizando la información proporcionada por los marcadores¹⁶ arqueológicos, se presenta como una herramienta interesante para la detección de actividades humanas en contextos arqueológicos. Según Manzanilla (1985) “Un área de actividad, es la concentración y asociación de materias primas, instrumentos o desechos en superficies o volúmenes específicos que reflejan actividades particulares” (p.11) y contiene cuatro grandes categorías susceptibles del análisis arqueológico: la producción, el uso o consumo, el almacenamiento y la evacuación, de las que se desglosan las siguientes áreas:

1) Área de descanso: estas áreas se caracterizan por tener una abundancia relativamente baja de marcadores arqueológicos, material lítico, vegetal y óseo.

2) Área de tránsito: contienen una abundancia relativamente baja de marcadores arqueológicos, material lítico, vegetal y óseo, se caracteriza por la presencia de suelos compactos y muy duros.

3) Área de preparación de alimento: esta área incluye fuentes de calor, residuos de cenizas, altos contenidos de carbonatos y en consecuencia pH alcalinos, además de una abundancia relativamente alta de residuos de proteínas, ácidos grasos, carbohidratos, fosfatos y restos de plantas carbonizadas.

4) Áreas de consumo de alimento: generalmente se encuentran situadas alrededor de las áreas de preparación de alimento, contienen pH ácidos y abundancia relativamente alta de residuos de proteínas, ácidos grasos, fosfatos y carbohidratos.

5) Áreas de procesamiento de alimento: en esta área, se halla gran cantidad los artefactos líticos destinados a actividades de corte, desbaste, molienda, triturado y deshuesado,

¹⁶ Los marcadores son compuestos químicos formados por carbono, hidrógeno u otros elementos que proporcionan información relacionada con la actividad humana en el pasado.

acompañado de material vegetal y óseo, pH ácidos y abundancia relativamente alta de marcadores químicos (Barba & Lazos, 2000).

Las áreas de actividad mencionadas pueden variar según características especiales (dimensiones, forma, contenido, ubicación, contexto) (Manzanilla, 1985) y su base teórica según varios autores, se fundamenta en los siguientes supuestos:

1) Cualquier asentamiento humano, con todas sus actividades inherentes, produce numerosas alteraciones sobre la tierra que ocupa; entre ellas, el enriquecimiento del suelo por compuestos químicos (Barba & Lazos, 2000).

2) Cuando una actividad tiene lugar, algunos residuos líquidos podrían ser derramados en el suelo y algunas veces, dependiendo de características especiales como su porosidad, se podrían absorber los residuos (Barba & Lazos, 2000).

3) Una vez que los compuestos o subproductos de las actividades humanas han sido incorporados en el suelo, están sujetos a las leyes químicas controladas por factores tales como: el pH, potencial de óxido reducción, concentración de iones en solución, la naturaleza de los enlaces de los diferentes marcadores, la velocidad y dirección de movimiento del agua en los perfiles del suelo, las condiciones climáticas y el tiempo de abandono (Barba & Lazos, 2000).

4) Por medio de análisis químicos de muestras de suelo, es posible determinar y evaluar la presencia y la distribución espacial de varios marcadores. Algunos de ellos fueron producidos por actividades específicas y mediante su caracterización podría ser posible identificar la función del lugar estudiado (Dunell y Hunt, 1990).

5) El enriquecimiento químico diferencial de los suelos depende de: el tipo de actividad (producción, uso, consumo, almacenamiento o desecho), su continuidad, intensidad, duración, los cambios en su distribución espacial y diferentes usos de la zona (Ortiz, 1990).

6) Para estos estudios, se requiere asumir que el suelo tuvo una composición homogénea en el momento de su constitución, lo que significa que la composición del suelo es la misma en cada punto de su superficie, posteriormente, la actividad humana modificará dicha homogeneidad mediante la inclusión de residuos químicos específicos (Lazos, 1997).

Aun así, el análisis de residuos químicos presenta dificultades, pues pueden provenir de diferentes fuentes generando un gran espectro de posibles resultados, tal como lo menciona Ruiz (2013) “Una misma actividad puede tener diferentes marcadores y un solo marcador puede utilizarse para inferir diferentes actividades” (p.9). Así mismo, se debe considerar la alteración de la composición de los marcadores causada por varios factores, entre los que se encuentra el clima (determina la entrada de agua y la temperatura a la que la meteorización tiene lugar), organismos (acción bacteriana), material parental (el sedimento inicial en el que se forma el suelo), el relieve y el paso del tiempo. Adicionalmente, la detección de marcadores para la identificación de áreas de actividad en suelos, presenta dificultad al definir con precisión las áreas que estuvieron expuestas durante el proceso de ocupación, es por esto que este tipo de análisis es más verídico en artefactos concretos como cerámicas y huesos (Ruiz, 2013).

3.4. Aplicación de la química arqueológica: análisis de difracción de rayos-X (DRX)

La técnica de difracción de rayos-X, es útil en la determinación de la composición mineralógica de materiales arqueológicos como rocas y suelos. Esta técnica se fundamenta en que un haz de rayos-X que pasa a través de una partícula mineral, es dispersado por los átomos que ordenadamente constituyen la materia cristalina, en esta dispersión se producen interferencias tanto destructivas como constructivas, es decir, si dos rayos están desfasados media longitud de onda, darán lugar a una interferencia destructiva, pero si los rayos están

exactamente desfasados una longitud de onda, en la interferencia se refuerzan originándose el fenómeno de difracción (Figura 1) . Por tanto, un haz difractado está compuesto de rayos coherentemente dispersados que se refuerzan unos a otros. Los requisitos para que la difracción tenga lugar son los siguientes: el espaciado entre las capas de átomos debe ser aproximadamente un número entero **n** de la longitud de onda de la radiación y los centros de dispersión deben estar regularmente dispuestos (Pozo y Carretero, 2008).

La relación entre esta radiación y la estructura del cristal viene dada por la ley de Bragg, expresada en la siguiente ecuación:

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

Ecuación 1. Ley de Bragg

Donde **n** es un número entero, orden de reflexión (generalmente 1), λ es la longitud de onda de los rayos-X (habitualmente $\text{CuK}\alpha = 1.5418 \text{ \AA}$), **d** es el espaciado en angstroms ($\text{\AA}$) entre planos reticulares paralelos y θ es el ángulo de incidencia (Pozo y Carretero, 2008).

En la práctica, la mayoría de los minerales son conocidos y se encuentran tabulados en las bases de datos cristalográficas. Los difractómetros modernos utilizan comúnmente estas bases de datos para comparar el patrón obtenido a partir de una muestra desconocida compuesta por minerales específicos.

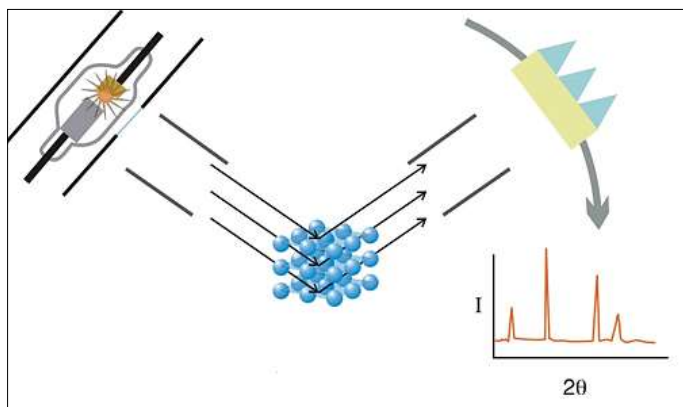


Figura 1. Descripción gráfica del fenómeno ocurrido en DRX. Adaptado de Sonntag (2016).

3.4.1 DIFFRAC. EVA en el análisis cualitativo de fases cristalinas. Es un software universal para evaluar los datos de difracción de rayos-X que proporciona herramientas generales para evaluar señales, correcciones de fondo, áreas y remoción de $K\alpha_2$. Lo más destacable es el enfoque total para la identificación de fases mediante la búsqueda de coincidencias, entre los máximos de difracción experimentales y los almacenados en la base datos PDF (*powder diffraction file*), así como el acceso a los códigos ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*) de cada compuesto para su posterior análisis cuantitativo.

3.4.2 Método de Rietveld en el refinamiento y análisis cuantitativo de fases cristalinas. El método de Rietveld es una técnica de refinamiento que tiene la capacidad de determinar con mayor precisión parámetros estructurales de la muestra, a partir de la construcción de un modelo teórico que se ajusta al patrón de difracción experimental, mediante el método de mínimos cuadrados. El patrón de difracción calculado se basa en un modelo que incluye aspectos estructurales (grupo espacial, átomos de unidad asimétrica, factores térmicos), microestructurales (concentración, tamaño de cristal, microdeformación) e instrumentales (anchura a la altura media del pico de difracción causada por el instrumento, anchura de las rendijas usadas en la medición, tamaño de la muestra irradiada, penetración del haz de rayos-X de la muestra) (Ramón, 2007).

Para el refinamiento por el método de Rietveld se calculan un conjunto de parámetros como:

a) Línea base o Background: comportamiento no lineal de la línea base del difractograma debido principalmente la dispersión inelástica, la dispersión del aire, el soporte de muestras, presencia de material amorfo, fluorescencia de rayos-X, monocromatización incompleta, ruido

del detector, etc, que es corregido por medio de los datos colectados en el difractograma, una interpolación lineal de estos puntos o una función que modele este parámetro.

b) Forma de los picos: conjunto de funciones analíticas normalizadas que modelan los picos de difracción, algunas de ellas son la Gaussina, Lorentziana, Pseudo-Voigt y Pearson VII. Usualmente se ajusta el perfil de pico de difracción a una Pseudo-Voigt que considera una mezcla de función Gaussina y Lorentziana, debido a que el ensanchamiento del pico de difracción producido por el tamaño de grano de los pequeños cristales en la disposición aleatoria de la muestra en polvo se describe mejor por una función Lorentziana mientras que las contribuciones a la forma del pico debido a factores instrumentales pueden serlo mediante una función Gaussiana.

d) Dimensiones de celda unidad: corregidos por la ley de Bragg.

e) Factor de escala: corrección de la proporcionalidad entre el patrón calculado y observado.

f) Orientación preferencial: función que permite corregir la intensidad de los picos alterados cuando los cristales de la fase no se encuentran en forma aleatoria.

g) Parámetros posicionales de los átomos en cada fase cristalina (Pecharsky & Zavalij, 2005; Petrick y Castillo, 2004; Choque, Casseb y Pöllmann, 2014).

3.5. Aplicación de la química arqueológica: microscopía electrónica de barrido (SEM)

La microscopia electrónica de barrido se ha convertido en una herramienta imprescindible en la obtención de información sobre la textura, la microestructura y la topografía de materiales recuperados en excavación como metal, cerámico, líticos, hueso, entre otros. Esta técnica se basa en la interacción física de un haz de electrones con la materia, tanto cristalina como no cristalina, obteniéndose magníficas imágenes gracias a su gran profundidad de foco. SEM consta de una

fuelle de electrones sometidos a un voltaje acelerador, que en el vacío pasan a través de una serie de lentes electromagnéticas, y antes de alcanzar los últimos, un sistema deflector provoca el barrido del haz sobre la superficie de la muestra. Cuando el haz de electrones alcanza la superficie de la muestra, algunos son reflejados como electrones retrodispersados y otros liberan electrones secundarios de baja energía. La emisión de la radiación X se produce cuando los electrones de los átomos de la muestra regresan a su estado basal luego de que han sido impactados por el haz de electrones durante el proceso de excitación (saltos de sus electrones desde las capas más internas a las más externas). El barrido está sincronizado con el del tubo de rayos catódicos en el que se muestra la imagen (con diversos contrastes) dependiendo de la reflectividad de los constituyentes y la orientación de la muestra (Figura 2). SEM permite realizar microanálisis para determinar la presencia cualitativa y/o cuantitativa de elementos y el examen de aspectos morfológicos (Pozo y Carretero, 2008).

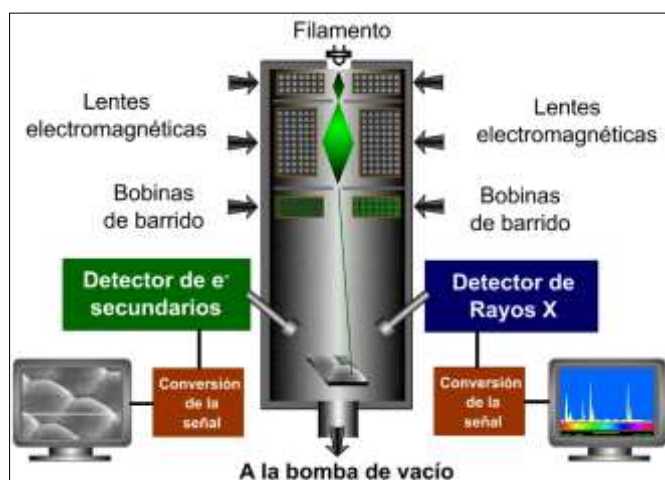


Figura 2. Descripción gráfica de proceso ocurrido en SEM. Adaptado de: Departamento de Ciencias Químicas. (s.f)

3.6. Aplicación de la química arqueológica: pruebas semi-cuantitativas aplicadas a suelos arqueológicos.

Las pruebas semi-cuantitativas aplicadas en el análisis de residuos químicos a suelos arqueológicos, se caracterizan por ser una herramienta de gran potencialidad en la detección de áreas de actividad. Estas pruebas también conocidas como pruebas rápidas, utilizan técnicas de análisis sencillas, distinguidas por generar resultados cualitativos y semi-cuantitativos con la capacidad de detectar múltiples marcadores arqueológicos de forma rápida y económica, proporcionando datos importantes sobre el uso del espacio (Middelton *et al.*, 2010). Las pruebas que se aplican a suelos arqueológicos, generalmente permiten identificar el enriquecimiento de éstos con sustancias químicas derivadas de alimentos tales como tubérculos, harinas, bebidas fermentadas (carbohidratos), grasas y aceites (ácidos grasos), carnes y sangre (residuos proteicos), excrementos y desechos orgánicos (fosfatos), materiales constructivos calcáreos (carbonatos) y cenizas (pH) (Obregón *et al.*, 2011), que son manipulados por las comunidades en sus actividades diarias como cocinar, preparar y consumir alimentos, eliminación de desechos y producción artesanal. Estas actividades producen residuos líquidos y sólidos que se depositan en las superficies sobre las cuales tienen lugar las actividades. Algunos de estos residuos pueden incorporarse en los suelos, ya sea por el tamaño excesivamente pequeño de algunos residuos físicos o sus subproductos de descomposición, o por complejación y adsorción de iones libres en residuos líquidos con una variedad de compuestos en el interior del suelo (Middelton, 2004).

A continuación se presentan las reacciones químicas implicadas en la determinación de los marcadores arqueológicos de esta investigación:

3.6.1 Reacción de carbonatos con ácido. En el suelo, los carbonatos derivan directamente del material original y ocasionalmente se forman por alteración de minerales presentes en la roca madre, en algunos casos también pueden proceder de fuentes externas (transporte eólico y fluvial). Los carbonatos reaccionan con ácidos para formar agua, dióxido de carbono y sales en estado acuoso (Ecuación 2), durante la cual se evidencia el desprendimiento característico de CO₂ gaseoso (efervescencia).



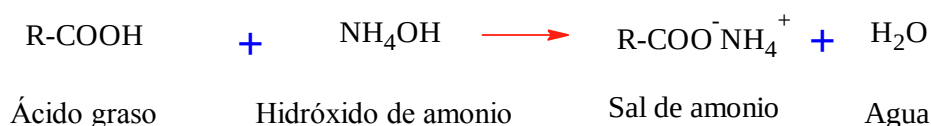
Ecuación 2. Reacción de carbonatos

Donde **M** representa un metal generalmente Ca²⁺ o Mg²⁺, **X** el anión del ácido y **MX₂** la sal que se forma entre el metal y el anión del ácido.

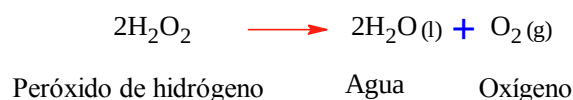
3.6.2 Reacción de fosfatos. El fósforo se encuentra en el suelo en forma orgánica e inorgánica, generalmente asociado con las arcillas, la materia orgánica y los compuestos de aluminio, hierro y calcio, sin embargo, es importante destacar que la forma de estos iones puede estar sujeta al pH del suelo (McKean, 1993). En la determinación de fósforo, uno de los métodos más empleados es el del azul de fosfomolibdeno, que implica inicialmente su extracción en medio ácido, posteriormente la formación de fosfomolibdato (especie de polioxometalato o heteropoliácido) a partir de ortofosfato y molibdato (Ecuación 3) y finalmente la reducción, para formar una especie intensamente coloreada de azul de fosfomolibdeno (Ecuación 4). El "azul de molibdeno" no se refiere a una sola especie, sino a una familia de compuestos de molibdato reducidos, que pueden o no puede contener un heteroátomos como por ejemplo el fósforo (Worsfold, Mckelvie & Monbet, 2016).

A continuación se describen las reacciones que se llevan a cabo en la identificación de cada uno de estos marcadores:

1. Los ácidos grasos reaccionan con hidróxido de amonio para formar jabones de amonio (Ecuación 5), esta reacción se puede visualizar mediante la adición de peróxido de hidrogeno, el cual al descomponerse produce oxígeno gaseoso y agua, el oxígeno liberado queda atrapado en el jabón generando gran cantidad de burbujas formando así, una espuma (Ecuación 6).



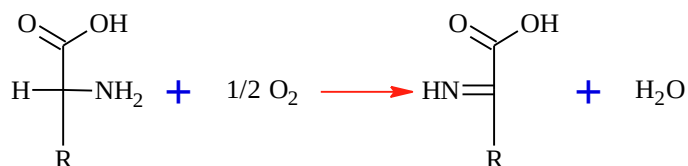
Ecuación 5. Formación de la sal de amonio

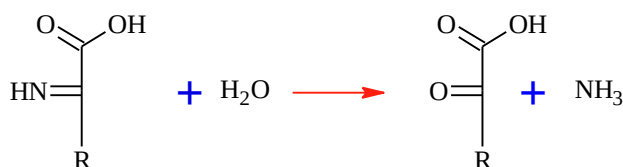


Ecuación 6. Descomposición del peróxido de hidrógeno

En muchos de los casos, la acumulación de los residuos de ácidos grasos en suelos ácidos es debida a la retardada actividad bacteriana de los microorganismos en descomponer completamente los ácidos grasos presentes en los residuos vegetales y/o en la elevada cantidad de ácidos grasos sintetizada por los propios microorganismos.

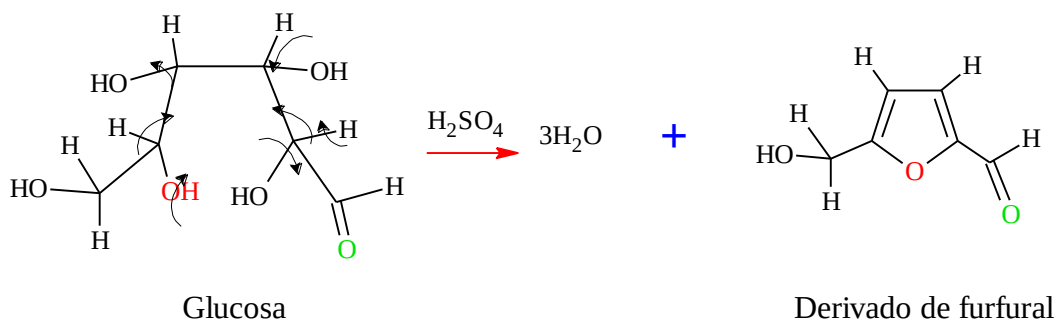
2. Los residuos de proteínas sufren una reacción de desaminación oxidativa, en presencia de un agente oxidante fuerte durante la cual los aminoácidos se convierten en ceto-ácidos y se libera amoníaco (Ecuación 7).

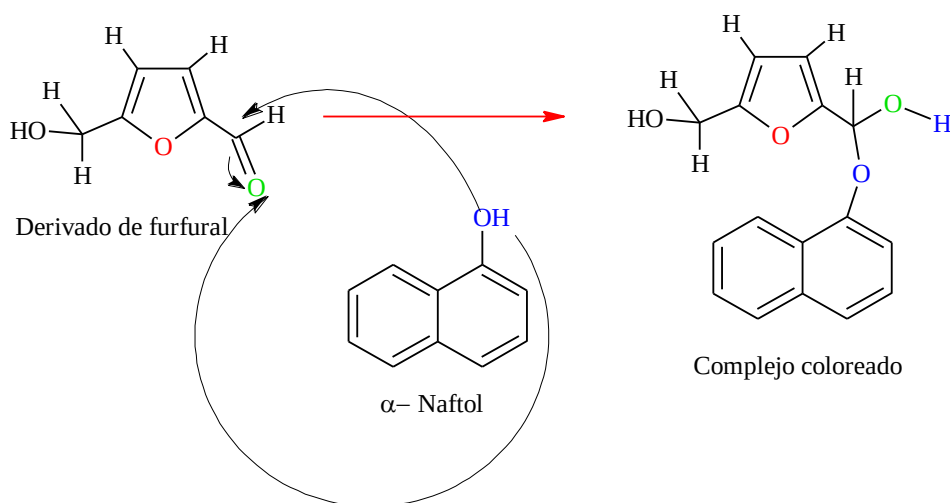




Ecuación 7. Desaminación oxidativa de los residuos de proteínas

3. La identificación general de todos los carbohidratos (monosacáridos, disacáridos y polisacáridos), se realiza mediante la prueba de Molish, la cual consiste en la reacción de los carbohidratos con α -naftol, en presencia de ácido sulfúrico para formar sustancias complejas coloreadas. El proceso se fundamenta en la deshidratación que experimentan los carbohidratos en presencia de ácidos minerales fuertes (ácido sulfúrico y el ácido clorhídrico) formando un derivado de furfural, el cual polariza su grupo carbonilo formando un carbocatión, que es estabilizado por los pares electrónicos libres del oxígeno del α -naftol, generando así un complejo coloreado (Ecuación 8) (Delgado, 2008).





Ecuación 8. Deshidratación de los carbohidratos¹⁷

4. Sitio prehistórico La Fe: localización

4.1 Ubicación cronológica del asentamiento prehistórico La Fe: periodo Arcaico

Colombia cuenta con una secuencia evolutiva caracterizada por periodos cronológicos definidos, sobre los que se puede dilucidar el uso de estrategias adaptativas por parte de los primeros grupos humanos que habitaron el país, como lo es el caso del periodo Arcaico. Este periodo se ubica a comienzos del Holoceno o periodo posglacial, entre los 10.000 A.P y 7.000 A.P, durante el cual, ocurrieron cambios climáticos que condicionaron las estrategias de adaptabilidad de las sociedades cazadoras- recolectoras. Algunas de las modificaciones más relevantes durante este periodo se vieron reflejadas en la expansión territorial, incremento

¹⁷ Se toma como ejemplo el monosacárido glucosa.

progresivo del sedentarismo, la modificación de la dieta alimentaria: manifestada en el reemplazo de la megafauna por la caza de especies más pequeñas como armadillos, roedores y moluscos y el cambio en la tecnología lítica: evidenciada en la aparición de nuevos artefactos relacionados con el aprovechamiento de recursos vegetales, como manos de moler, hachas, y azadas (Aceituno y Rojas, 2012).

Existe gran evidencia sobre las comunidades arcaicas en Colombia ubicadas principalmente en la Sabana de Bogotá, las cordilleras Central, Oriental y la Amazonía. De igual forma, en el nororiente colombiano, el río Chucurí comprende una zona clave para entender el poblamiento temprano de este territorio, en el cual, según los estudios realizados por el arqueólogo Leonardo Moreno, las comunidades cazadoras-recolectoras que se asentaron en esta zona montañosa intertropical, imprimieron cambios en las estrategias de subsistencia y patrones de poblamiento durante el Holoceno temprano desde el 7.500 A. P. al 3.500 A. P, reflejados en los cambios tecnológicos para la fabricación de herramientas líticas como placas y molinos de moler asociadas a la etapa Arcaica (Moreno, 2018).

4.2. Aplicación de la geoarqueología

Los estudios geológicos realizados en la zona de estudio, tienen como fin dar una primera aproximación al aprovisionamiento de los recursos líticos, a las estrategias de subsistencia y al uso del espacio por parte de las comunidades prehistóricas.

4.2.1 Zona de estudio. El área de estudio se divide en dos zonas según el tipo de material lítico extraído, la primera consiste en la zona del asentamiento en donde se llevó a cabo la excavación y recolección de vestigios líticos y la segunda comprende las zonas de aprovisionamiento de materia prima lítica, es decir, afloramientos rocosos.

4.2.1.1 Zona de excavación. El sitio prehistórico “La Fe” se encuentra ubicado al nororiente de Colombia, en la vereda El Tablazo del municipio de Betulia, Santander, aproximadamente a 60 Km de la ciudad de Bucaramanga (Figura 3). La Fe, se localiza en inmediaciones del embalse Topocoro de la represa de Hidrosogamoso, en donde antiguamente se encontraba el caudal del Río Chucurí, este sitio está referenciado geográficamente por las coordenadas 7°00’43,83” de latitud norte y 73°21’51,67” de latitud oeste del meridiano de Greenwich que en coordenadas planas corresponden a 1’267.232,338 N y 1’078.800,181 E adoptadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, según el cual se toma como referencia de origen las coordenadas planas ubicadas en Bogotá D.C.: X: 1’000.000: Y: 1’000.000.

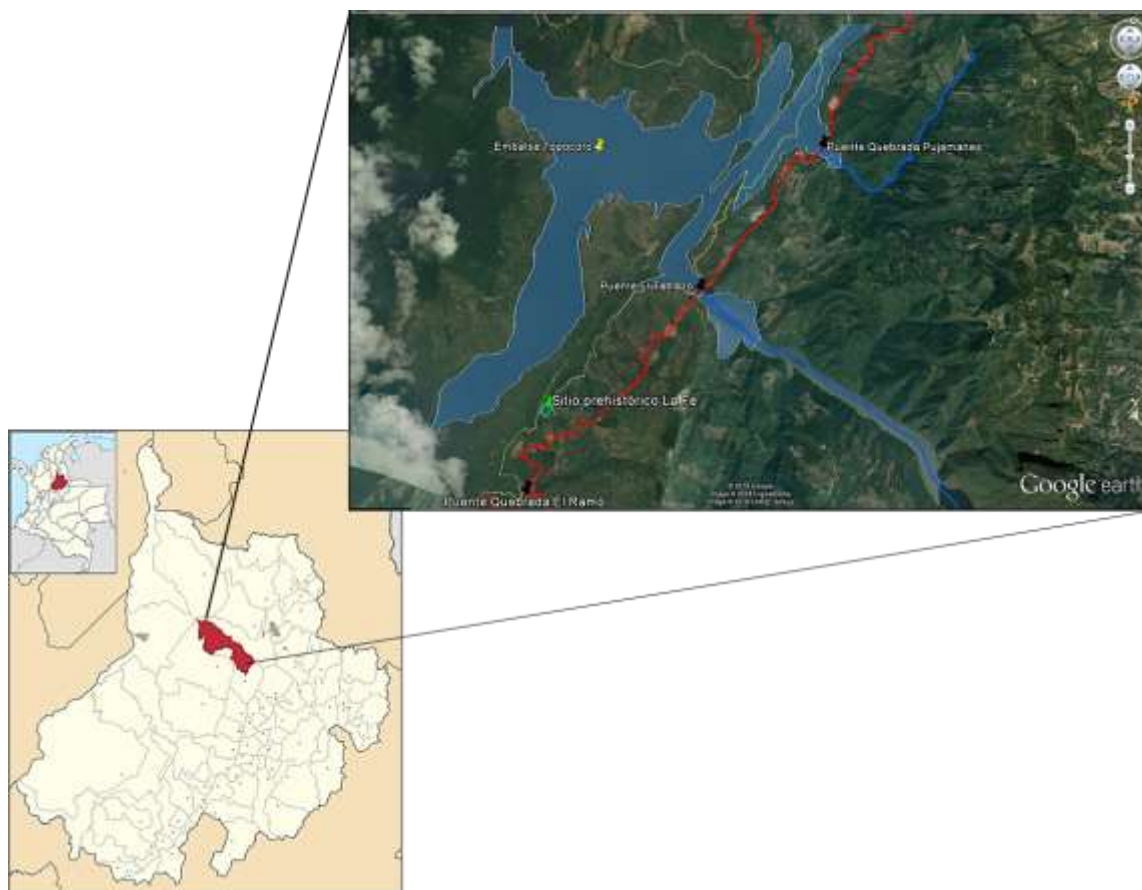


Figura 3. Localización geográfica del asentamiento prehistórico “La Fe”. Adaptado de Google Earth 2018

4.2.1.1.1 Detalles de la excavación del corte estudiado. El corte I se encuentra ubicado en la cima de una colina de pendiente suave, este corte corresponde a un área de ocupación definida por un círculo de piedras (Figura 4), con un área de excavación delimitada por 12 m de largo y 10 m de ancho, se encuentra dividida en cuadrículas de 2 x 2 m, identificadas con las letras A, B, C, D, E y enumeradas del 0 al 5 (Figura 4 y Figura 5). Siguiendo el protocolo de excavación estratigráfica, cada cuadrícula se excavó a una profundidad de 5 cm para obtener todos los vestigios arqueológicos de un mismo nivel, alcanzando en total 25 cm de profundidad correspondientes a 5 niveles. El estudio arqueológico de esta zona, fue realizado por el arqueólogo Leonardo Moreno González como parte de su tesis doctoral.



Figura 4. Corte I de la excavación, sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

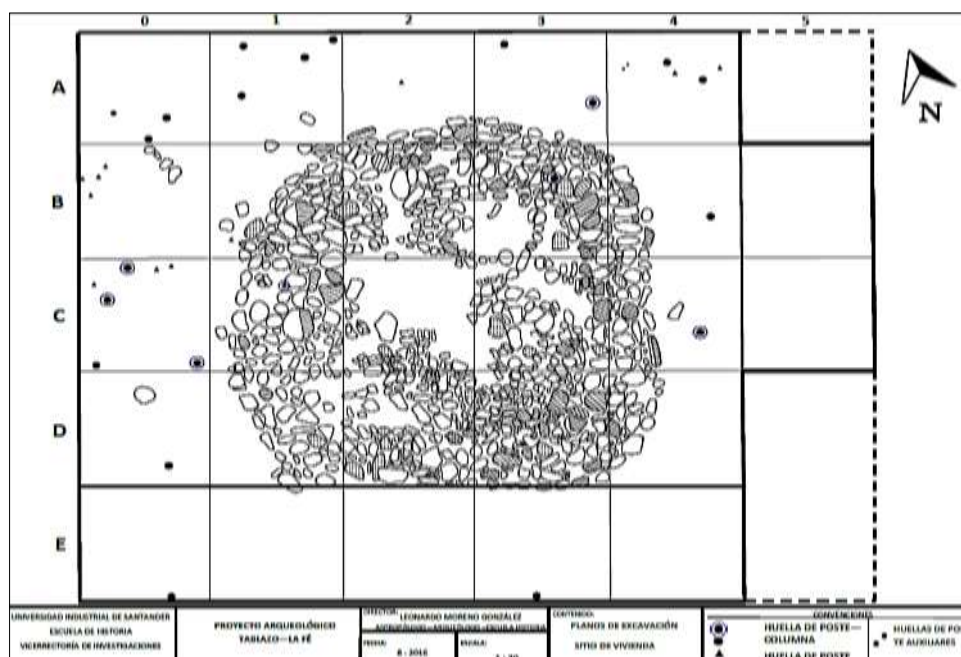


Figura 5. Plano del Corte I de la excavación, sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

4.2.1.2 Zonas de extracción de materia prima. La zona de extracción de materia prima, está constituida por 5 puntos de muestreo, en la Figura 6 se muestra las distribuciones espaciales de los puntos de muestreo, a corta y a larga distancia respecto a la zona de excavación y en la Figura

7 se observan los afloramientos localizados en las diferentes formaciones geológicas presentes en la zona de estudio.



Figura 6. Localización geográfica y distribución espacial de los puntos de muestreo. Adaptado de Google Earth 2018.

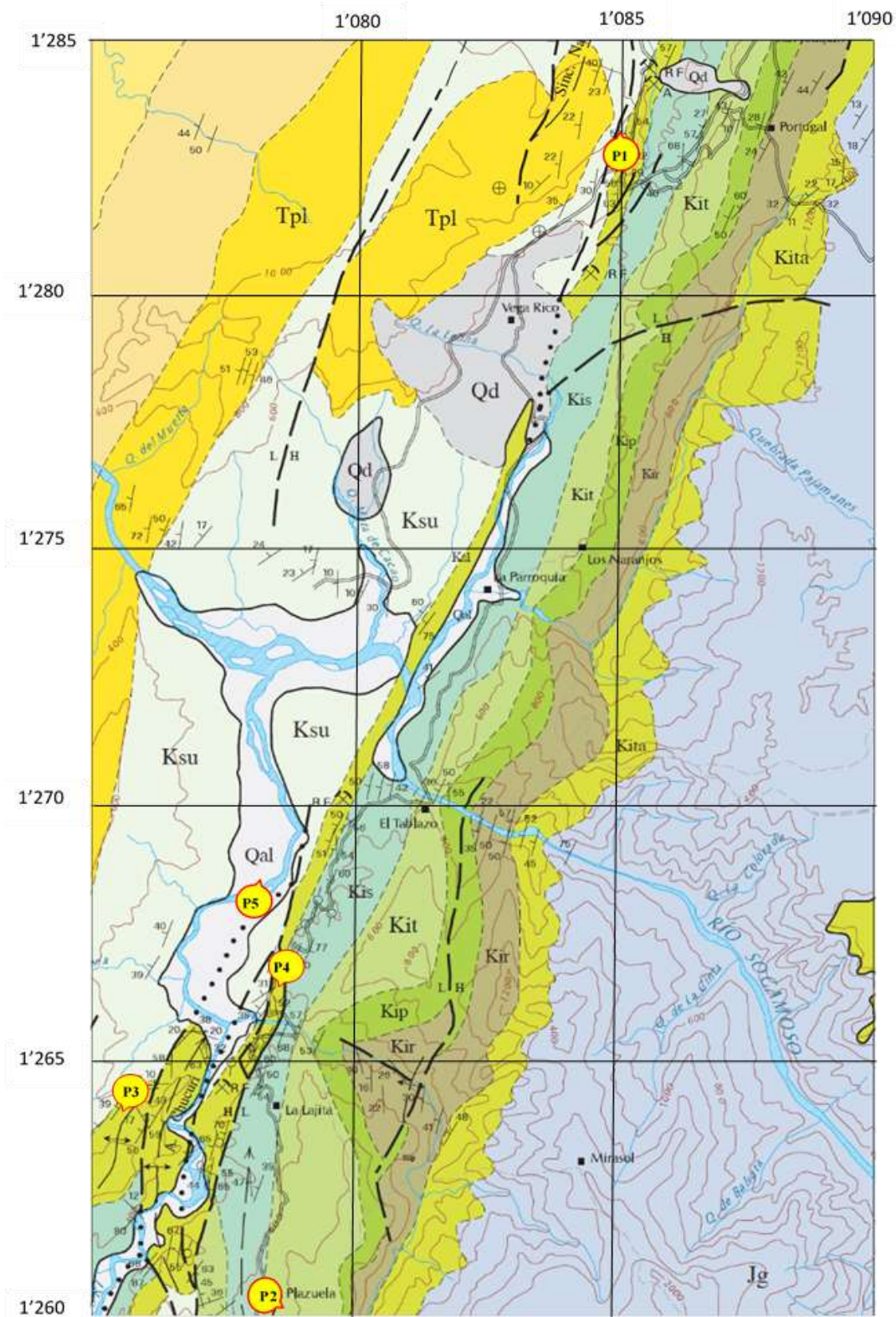


Figura 7. Localización geológica de los puntos de muestreo. Adaptado de Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, (2013).

A continuación se describen geográfica y geológicamente cada uno de los puntos de muestreo:

Punto 1 (P1)

Este punto se localiza geográficamente sobre las coordenadas $07^{\circ}09,813' \text{ N}$ y $073^{\circ}18,205' \text{ W}$ que en coordenadas planas corresponden a $1'283.646 \text{ N}$ y $1'085.046 \text{ E}$ las cuales son adoptadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, según el cual se toma como referencia de origen las coordenadas planas ubicadas en Bogotá D.C.: X: $1'000.000$, Y: $1'000.000$. Este punto se encuentra aproximadamente a 18 Km del sitio prehistórico “La Fe”, hace parte de la formación Umir, está ubicado al margen derecho de la vía que comunica al municipio de Sabana de Torres, aproximadamente a 2 km del parador Santa Clara ubicado sobre la vía Bucaramanga-Barrancabermeja, con dimensiones aproximadas de 5 m de alto y 10 m de largo, la roca aflorante es una intercalación de estratos de lutita de color gris claro y chert de color negro que presenta meteorización química por el agua, es decir, oxidación y meteorización biológica por las plantas (Figura 8).



Figura 8. Afloramiento de lutita gris claro.

Punto 2 (P2)

Este punto se localiza geográficamente sobre las coordenadas $06^{\circ}56,707'$ N y $073^{\circ}22,309'$ E que en coordenadas planas corresponden a $1'260.581$ N y $1'077.534$ E, las cuales son adoptadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, según el cual se toma como referencia de origen las coordenadas planas ubicadas en Bogotá D.C.: X: $1'000.000$: Y: $1'000.000$. Este punto se encuentra aproximadamente a 7,5 Km del sitio prehistórico “La Fe”, hace parte de la formación Tablazo, está ubicado al margen izquierdo de la vía Bucaramanga-San Vicente de Chucurí, aproximadamente 100 m después del sector la Plazuela, con dimensiones de aproximadamente 4 m de alto y 8 m de largo, la roca aflorante es una arenisca de grano fino de color amarillo, compacta, que presenta meteorización química por el agua, es decir oxidación y meteorización biológica por las plantas (Figura 9).



Figura 9. Afloramiento de arenisca amarilla.

Punto 3 (P3)

Este punto se localiza geográficamente sobre las coordenadas $06^{\circ}58,690'$ N y $073^{\circ}23,327'$ E que en coordenadas planas corresponden a $1'264.234$ N y $1'075.644$ E, las cuales son adoptadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, según el cual se toma como referencia de origen las coordenadas planas ubicadas en Bogotá D.C.: X: $1'000.000$: Y: $1'000.000$. Este punto se encuentra aproximadamente a 4,5 Km del sitio prehistórico “La Fe” y hace parte de la formación La Luna, está ubicado al margen izquierdo y aproximadamente a 2 Km sobre la vía que conduce hacia la vereda de Monte Bello del municipio de Betulia y en inmediaciones del Río Chucurí, con dimensiones de aproximadamente 10 m de alto y 20 m de largo, la roca aflorante es una intercalación de estratos de caliza de color gris oscuro y chert de color negro, con alto fracturamiento (Figura 10).



Figura 10. Afloramiento de caliza gris oscuro y chert negro.

Punto 4 (P4)

Este punto se localiza geográficamente sobre las coordenadas $06^{\circ}59,924'$ N y $073^{\circ}21,770'$ E que en coordenadas planas corresponden a $1'266.513$ N y $1'078.508$ E, las cuales son adoptadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, según el cual se toma como referencia de origen las coordenadas planas ubicadas en Bogotá D.C.: X: $1'000.000$: Y: $1'000.000$. Este punto se

encuentra aproximadamente a 1,5 Km del sitio prehistórico “La Fe” y hace parte de la formación La Luna, está ubicado al margen izquierdo de la vía Bucaramanga-San Vicente de Chucurí específicamente a 5 m del parador El Ramo y en inmediaciones de la quebrada El Ramo, con dimensiones de aproximadamente 20 m de alto y 40 m de largo, la roca aflorante son estratos de caliza de color gris oscuro, compacta, que presenta meteorización química por el agua, es decir, oxidación (Figura 11).



Figura 11. Afloramiento de caliza gris oscuro.

Punto 5 (P5)

Este punto se localiza geográficamente sobre las coordenadas 07°01,037' N y 073°21,833' E que en coordenadas planas corresponden a 1'268.564 N y 1'078.389 E, las cuales son adoptadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, según el cual se toma como referencia de origen las coordenadas planas ubicadas en Bogotá D.C.: X: 1'000.000: Y: 1'000.000. Este punto se encuentra aproximadamente a 0.155 Km del sitio prehistórico “La Fe” hace parte de la formación La Luna y se encuentra ubicado en inmediaciones del embalse Topocoro de la represa de Hidrosogamoso, en donde antiguamente se encontraba el caudal del Río Chucurí, con dimensiones de aproximadamente 5 m de alto y 15 m de largo, la roca aflorante es chert de color

negro quebradizo y chert bandeado duro, con meteorización química por el agua, es decir presenta oxidación y meteorización biológica por las plantas (Figura 12).



Figura 12. Afloramiento de chert negro quebradizo y chert bandeado

4.2.2 Ambientes morfogenéticos de la zona de estudio. La zona del Tablazo debido a factores litológicos, climatológicos, erosivos, estructurales y antrópicos se encuentra constituida por tres tipo de ambientes morfogenéticos: morfoestructural, denudacional y fluvial.

4.2.2.1 Ambiente morfoestructural. El ambiente morfoestructural corresponde a aquellas formas de origen tectónico, de plegamientos y fallamientos, dentro de las que se encuentran: ladera irregular una geoforma identificada al noreste de la excavación, sobre la Formación Simití en el sector Pujamanes y cuesta en panorámica al sureste, este y noreste de la excavación, sobre las formaciones Girón, Los Santos, Rosa Blanca, Paja, Tablazo y Simití.

4.2.2.2 Ambiente denudacional. El ambiente denudacional está caracterizado por procesos endógenos como meteorización, erosión y movimientos en masa, en esta región se destacan: ladera denudada como la geoforma observada al noreste de la excavación sobre la Formación Simití en el sector Pujamanes, Cuchilla del Galembo identificada en panorámica al noroeste de la

excavación, sobre la Formación La Paz en la vereda Santa Clara; cerro estructural remanente en panorámica al sureste, este y noreste de la excavación sobre las formaciones Girón, Los Santos, Rosa Blanca, Paja, Tablazo y Simití y ladera estructural denudada al noreste de la excavación, sobre la Formación Simití en el sector Pujamanes.

4.2.2.3 Ambiente fluvial. El ambiente fluvial está caracterizado por procesos de erosión y sedimentación dominado por la acción de corrientes de agua y transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre, las unidades geomorfológicas identificadas corresponden a valles aluviales originados a partir de materiales arrastrados y depositados por corrientes de agua de los ríos Sogamoso y Chucurí y las quebradas Pujamanes y El Ramo; llanura de inundación localizada a lo largo del cauce de los ríos Sogamoso y Chucurí y las quebradas Pujamanes y El Ramo y los cauces actuales representados por los ríos Sogamoso y Chucurí y las quebradas Pujamanes y El Ramo.

5. Sitio prehistórico La Fe: metodologías y técnicas

5.1. Aplicación de la arqueología y la geología en la obtención y clasificación de muestras

5.1.1. Material lítico. El Museo Arqueológico del Gran Santander, ubicado en la facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Industrial de Santander, suministró un total de 2038 piezas

líticas recolectadas durante la excavación descrita en la sección anterior. El total de las piezas arqueológicas, se dividió en tres grupos: formatos¹⁸ (N¹⁹=703), naturales²⁰ (N=944) y detritus²¹ (N=391). El análisis morfo-técnico de las piezas líticas (N=703), se realizó partiendo de las definiciones propuestas en la sección anterior (3.3.1.3) y la orientación del arqueólogo Leonardo Moreno. Adicionalmente, se realizó la clasificación litológica dirigida por el geólogo mediante observación macroscópica con lupa y pruebas con HCl al 10%.

5.1.2 Materia prima lítica. Para determinar las posibles fuentes de abastecimiento de materias primas de naturaleza lítica, se consideraron algunos parámetros como:

1. La clasificación litológica previa de las rocas extraídas del asentamiento prehistórico (material lítico antrópico), con el fin de lograr un nivel comparativo entre éstas y sus posibles yacimientos naturales.

2. La distancia en kilómetros y en minutos de recorrido entre el afloramiento y el sitio prehistórico La Fe.

A partir de estos parámetros, se realizó un recorrido exploratorio por las diferentes formaciones cercanas al asentamiento prehistórico, encontrando 5 posibles fuentes extractivas que pudieron estar relacionadas con la explotación de la materia prima utilizada en la fabricación de los formatos en estudio, dispuestas sobre un radio máximo aproximado de 18 Km medidos desde el asentamiento prehistórico (sección 4.2.2.2).

¹⁸ Artefacto lítico que exhibe modificaciones por la actividad humana.

¹⁹ Cantidad.

²⁰ Bloque lítico que no presenta alteraciones en su superficie exterior.

²¹ Fragmentos líticos indeterminados producidos durante la elaboración de herramientas.

5.1.3 Suelos arqueológicos. El Museo Arqueológico del Gran Santander, proporcionó un total de 8 muestras de suelo arqueológico, tomadas en diferentes puntos del corte I, constituidas por fracciones entre 500-700 g, recolectadas en bolsas herméticas y posteriormente guardadas en la oscuridad. Este tipo de muestra, se recolectó siguiendo algunas características de evidencia humana, desde el punto de vista arqueológico, como: huellas de poste²², suelos endurecidos, acumulación de material lítico, óseo y vegetal.

5.2 Aplicación de la química arqueológica en la selección de muestras

5.2.1 Muestras líticas.

5.2.1.1 Caracterización mineralógica. Las muestras del material lítico seleccionadas (N=17) para realizar los análisis de DRX se determinaron según los criterios presentados a continuación:

✓ **Natural tipo excavación:** vestigios líticos recolectados en la excavación que no poseen un uso definido como herramienta, por ejemplo: núcleos, placas naturales y bases (Tabla 3).

Tabla 3. Selección de muestra natural tipo excavación para análisis DRX

Muestra	Código para análisis	Tipo de roca	Tipo de formato
290F-2	17334001	Chert negro	Núcleo
255F-2	17334002	Lutita	Núcleo
288F-3	12334003	Caliza	Núcleo
675F-2	17334004	Caliza	Placa natural
218F-3	17334005	Arenisca	Núcleo

✓ **Tipo cultural:** vestigios líticos con un uso definido, es decir, herramientas (Tabla 4).

²² Evidencia estratigráfica circular expresada en un cambio de color del suelo, como resultado del uso de madera redonda en la construcción de pilares (columnas en madera) para sostener las viviendas.

Tabla 4. Selección de muestra tipo cultural para análisis DRX

Muestra	Código para análisis	Tipo de roca	Tipo de formato
642F-3	17334007	Chert negro	Lasca con borde activo
630F-4	17334008	Chert bandeado	Cuchillo
598F-2	17334012	Lutita	Cuña
581F-1	17334013	Caliza	Cuchillo
132F-3	17334014	Caliza	Placa
2F-2	17334015	Arenisca	Yunque
355F-3	17334016	Arenisca	Raedera

✓ **Tipo geológico:** muestras recolectadas en los afloramientos considerados como fuentes de materia prima, entre estos se encuentran yacimientos de chert, caliza, arenisca y lutita (Tabla 5).

Tabla 5. Selección de muestra tipo geológico para análisis DRX

Punto	Muestra	Código para análisis	Materia prima	Distancia desde La Fe (Km lineales)	Formación
P1	LTA	18073001	Lutita gris claro	18	Umir(Ksu)
P2	MTA	17334025	Arenisca	7.4	Tablazo(Kit)
P3	KSL	17334020	Chert negro	4.32	La Luna(Ksl)
P4	FKIS	17334024	Caliza	1.5	La Luna (Ksl)
P5	G55	G55	Chert bandeado	0.155	La Luna (Ksl)

5.2.1.2 Análisis superficial. La muestra seleccionada para realizar el análisis por SEM, es una navaja fabricada en chert negro que exhibe ondas de fractura en su superficie, identificada con código 552F-2.

5.2.2. Muestras de suelo. Las 8 muestras de suelo descritas en la Tabla 6, fueron seleccionadas para realizar las pruebas semi-cuantitativas de determinación de pH, carbonatos, fosfatos, carbohidratos, residuos de ácidos grasos y residuos de proteínas, adicionalmente se llevó a cabo el análisis cualitativo mediante DRX.

Tabla 6. Selección de muestras de suelo para análisis

Muestra	Código para análisis	Cuadrícula	Nivel	Criterio arqueológico
1S-3	17385001	E2-3	3	La muestra se tomó donde se registró gran cantidad de lítico
2S-2	17385002	E0-2	2	La muestra se tomó en la esquina nororiental de la cuadrícula donde se observó mayor compactación del suelo
3S-4	17385003	E3-4	4	La muestra se tomó al lado de la pared de piedra que hace parte del círculo
4S-1	17385004	A0-1	1	La muestra se tomó junto a un área de hueso (área 1).
5S-1	17385005	A0-1	1	La muestra se tomó junto un área de hueso (área 2)
6S-3	17385006	E2-3	3	La muestra se tomó donde se registró gran cantidad de lítico.
7S-1	17385007	A0-1	1	La muestra se tomó junto a la huella de poste 17
8S-4	17385008	E4-4	4	La muestra se tomó de una acumulación de tierra amarilla dura junto a restos óseo

5.3 Aplicación de la química arqueológica en la preparación de muestra

La preparación de las muestras seleccionadas tanto líticas como de suelos, es específica según las técnicas químicas que se requieran en sus respectivos análisis, a continuación se presenta el procedimiento de preparación de muestra para los análisis por DRX, SEM y pruebas semi-cuantitativas de suelos.

5.3.1 Difracción de rayos-X (DRX). Los especímenes seleccionados, es decir, las **17** muestras líticas y las **8** muestras de suelo, fueron molturados y homogenizados en un mortero de ágata (Figura 13) y tamizados a un tamaño de partícula menor a $38\ \mu\text{m}$ (400 mesh). Posteriormente, fueron montados en portamuestras de polimetilmetacrilato (PMMA) mediante la técnica de llenado frontal.



Figura 13. Proceso de molturado de las muestras líticas y de suelo.

5.3.2 Microscopia electrónica de barrido (SEM). Se realizó un recubrimiento con carbono para la muestra lítica 552F-2 en el equipo Quorum Q150RES ya que se requería que la muestra fuera conductora y posteriormente se depositó en un porta-muestra para su medición en el microscopio electrónico de barrido.

5.3.3 Pruebas semi-cuantitativas. La preparación de las 8 muestras de suelo arqueológico se dividió en tres etapas:

1. Secado: esta etapa se realizó extendiendo una cantidad determinada de muestra de suelo sobre una bandeja de plástico durante 3 días (Figura 14).



Figura 14. Proceso de secado de muestras de suelo.

2. Molienda: la etapa de molienda se realizó molturando la muestra de suelo seca en un mortero de porcelana hasta obtener una muestra homogénea (Figura 15).



Figura 15. Proceso de molienda de muestras de suelo.

3. Tamizado: en esta etapa, el suelo seco y molturado se pasó por un tamiz número 10 (Figura 16).



Figura 16. Proceso de tamizado de muestras de suelo.

5.4 Aplicación de la química arqueológica en la caracterización de muestras

La caracterización de las muestras líticas y de los suelos se llevó a cabo en el Parque Tecnológico Guatiguará (PTG) y en el laboratorio químico de suelos de la Universidad Industrial de Santander.

5.4.1 Análisis de difracción de rayos-X (DRX). Las mediciones para los análisis cualitativos y cuantitativos se realizaron en un difractómetro de polvo marca BRUKER modelo D8 ADVANCE, con Geometría Da Vinci bajo las siguientes condiciones: voltaje 40 (kV), corriente 40 (mA), rendija de divergencia de 0,6 mm, rendijas Soler Primario y Secundario 2,5°, muestreo 0,02035° 2 Theta, rango de medición 3,5°-70,0° 2 Theta, radiación $\text{CuK}\alpha 1$, filtro níquel, uso de anti-dispersor de aire, detector lineal LynxEye, tipo de barrido: a pasos, tiempo de muestreo: 0,6 segundos.

5.4.1.1 Análisis cualitativo: DIFFRAC. EVA V4.2. Mediante el software universal DIFFRAC.EVA se evaluaron los datos obtenidos de los difractogramas de las muestras de polvo

seleccionadas, inicialmente se llevó a cabo el tratamiento de $K\alpha_2$ (Strip $K\alpha_2$) y se procedió a realizar la búsqueda de coincidencias de las fases minerales mediante la comparación de los datos obtenidos experimentalmente y los perfiles de difracción reportados en la base de datos PDF-2 2004 (Figura 17).

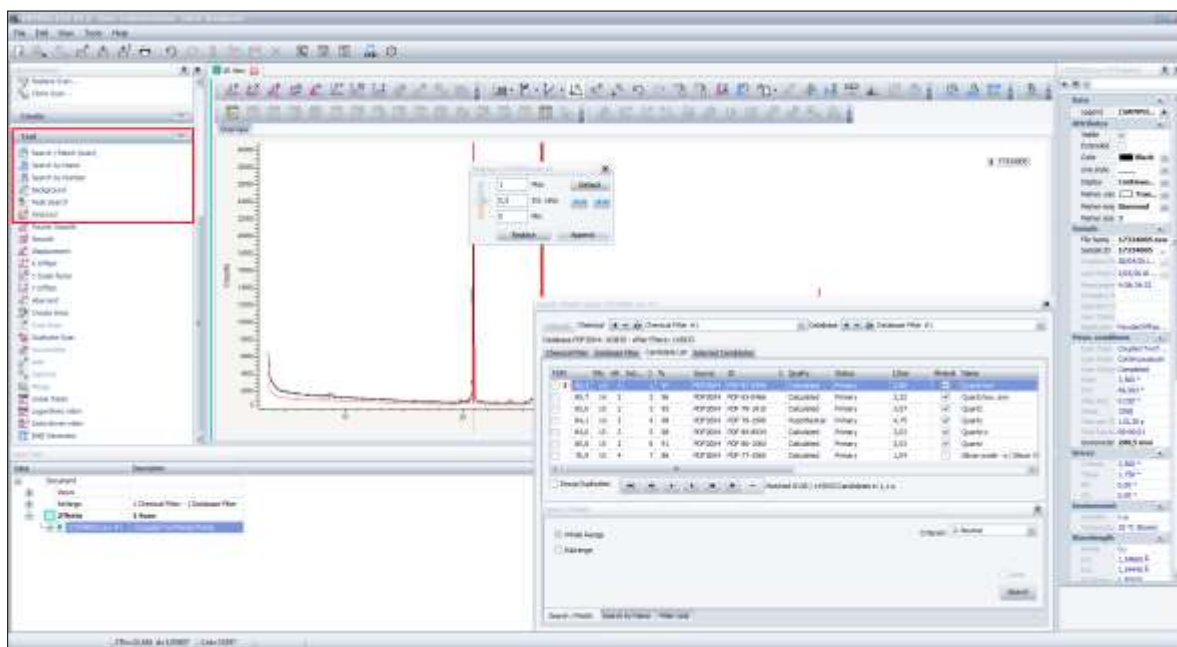


Figura 17. Interface del software DIFFRAC.EVA V4.2

5.4.1.2 Análisis cuantitativo: método de Rietveld. Una vez identificadas las fases minerales con sus respectivos códigos ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*) de la base de datos PDF-2 2004, se obtuvieron del ICDD (*International Centre for Diffraction Data*) los archivos en formato .cif de cada uno de los minerales para su posterior análisis cuantitativo mediante el método de Rietveld utilizando el software TOPAS 5 como se describe a continuación:

- 1) Se cargó el archivo .raw de la muestra a analizar.
- 2) Se ajustaron algunos parámetros como: perfil de emisión ($Cu\alpha_5.lam$), Background (orden 5), instrumentales (Figura 18) correcciones (cero error, factor LP (Lorentz-Polarization), absorción), rango (2θ) de análisis (inicio 5- final 70).

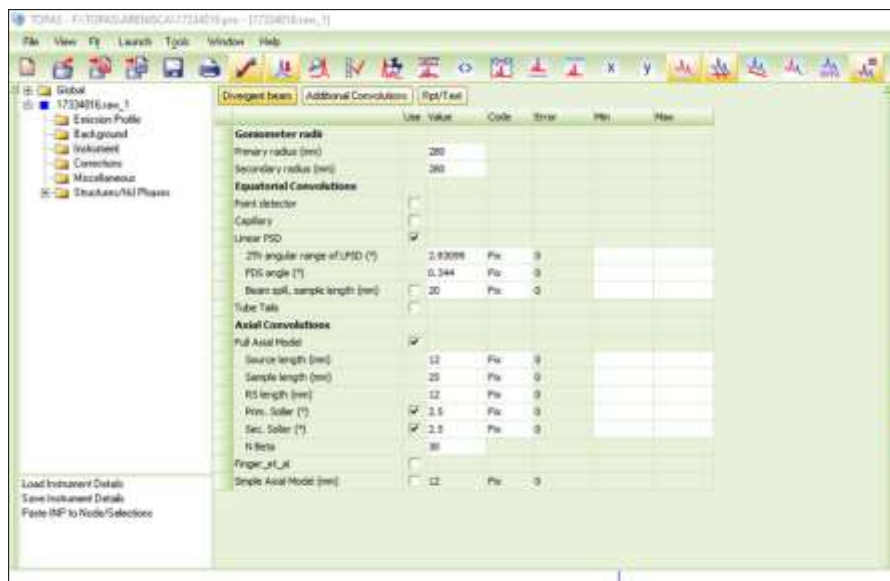


Figura 18. Parámetros instrumentales

- 3) Se cargaron todos los archivos .cif correspondientes a las fases minerales seleccionadas.
- 4) En cada una de las estructuras se refinaron los parámetros de celda, el factor de escala, posiciones atómicas y orientaciones preferenciales.
- 5) Se corrió el programa para generar un patrón de difracción calculado y observar el residual (gris) que se produce de la diferencia entre el difractograma calculado (rojo) y el observado (azul) como se muestra en la siguiente figura (Figura 19). La evaluación de refinamiento se hizo mediante los indicadores estadísticos: GOF (*Goodness of Fit*) y Rwp (*weighted profile R- factor*).

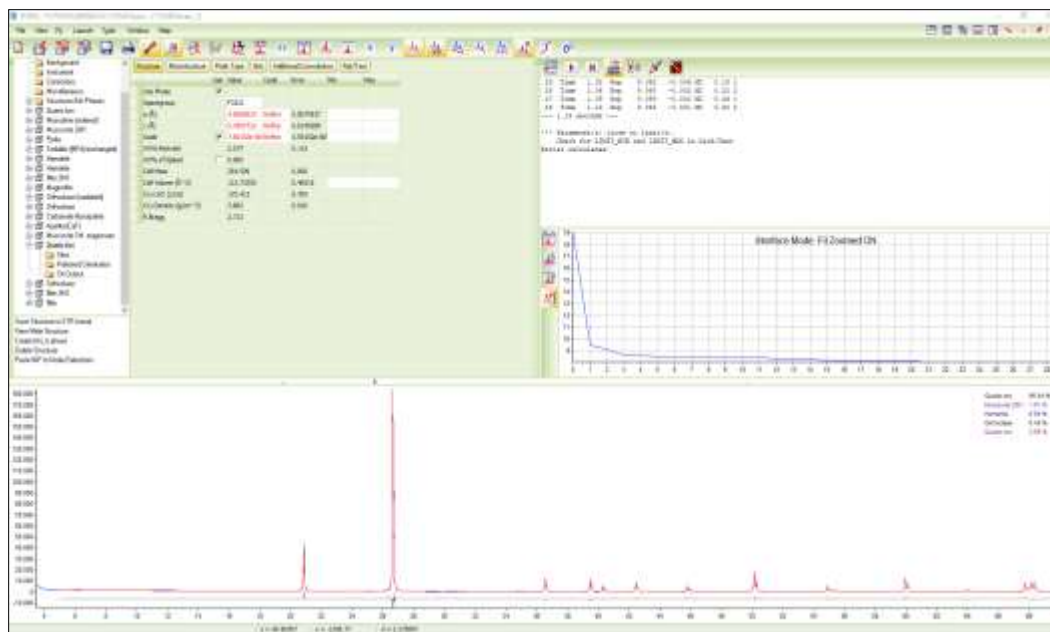


Figura 19. Resultado del refinamiento del método de Rietveld para el análisis cuantitativo

5.4.2 Análisis de microscopia electrónica de barrido (SEM). El análisis superficial se realizó en el microscopio electrónico de barrido marca FEI modelo QUANTA FEG 650 (*Field Emission Gun*). Las imágenes fueron tomadas con las siguientes características: alto vacío, voltaje de aceleración 20kV, detector de imágenes para electrones retrodispersados (BSE): *Back Scattered Electron Detector* (BSED) tipo SSD y para electrones secundarios (SE): *Everhart Thornley detector* ETD. Para el análisis químico se implementó el detector EDAX APOLO X con resolución de 126.1 eV (en. Mn K α) para realizar el análisis EDS (*Energy-Dispersive Spectroscopy*) y el Software EDX Genesis para generar la Información semi-cuantitativa de los elementos químicos.

5.4.3. Análisis semi-cuantitativos en muestras de suelos. Los diferentes parámetros semi-cuantitativos determinados en las 8 muestras de suelo, se realizaron en el laboratorio químico de

suelos de la Universidad Industrial de Santander, basados en procedimientos reportados por algunos autores y entidades especializadas en la ciencia del suelo (Tabla 7).

Tabla 7. *Técnicas semi-cuantitativas y cualitativas aplicadas a suelos.*

Tipo de prueba	Propiedad analizada	Método
Semi- cuantitativa	Carbonatos	Efervescencia con HCl
Cualitativa	Fosfatos	Reacción azul de molibdeno
Cuantitativa	pH	Electrométrico
Cualitativa	Residuos protéicos	Reacción con óxido alcalino y detección de amoníaco
Semi- cuantitativa	Carbohidratos	Reacción de Molish
Cualitativa	Residuos de ácidos grasos	Reacción de saponificación

5.4.3.1 Determinación de Carbonatos. Para llevar a cabo la prueba de carbonatos, en un tubo de ensayo se adicionó 0.2 gramos de muestra de suelo seco, luego se agregó 1 mL de ácido clorhídrico diluido (al 10%) y se registró la reacción visual y auditivamente según la descripción de la Tabla 8 (Barba, Rodríguez & Córdoba, 1991).

Tabla 8. *Escala semi-cuantitativa utilizada en la determinación de carbonatos*

Escala	Descripción
0	No hace burbujas ni se percibe ningún ruido al acercar el tubo de ensayo a la oreja
1	No se ven burbujas, pero se percibe el ruido
2	Se llegan a detectar pequeñas burbujas
3	Reacción uniforme con liberación de pequeñas burbujas
4	Reacción poco violenta, liberación de grandes burbujas, formación de espuma
5	Reacción violenta, la espuma sube algunos centímetros dentro del tubo

Nota: adaptado de Barba *et al.* (1991)

5.4.3.2 Determinación de Fosfatos. Se depositó 0.05 g de muestra de suelo seco sobre un papel filtro sin cenizas, a la muestra se le agregan tres reactivos:

Reactivo “**A**”: 7 mL de HCl 5N con 1 g de molibdato de amonio y diluir a 20 mL.

Reactivo “**B**”: 0,25 g ácido ascórbico diluido en 50 mL con agua destilada.

Reactivo **C**: Solución saturada 2:1 de citrato de sodio.

A cada muestra se le agregó dos gotas del reactivo **A**, 30 segundos después dos gotas del reactivo **B** y 2 minutos contados después de adicionado el reactivo **A**, se adicionó el reactivo **C** en gotas hasta bañar completamente la muestra con el fin de detener la reacción y fijar el color. Los discos de papel con las muestras se dejaron secar a la sombra y luego se les retiró el exceso de tierra con una espátula. Los resultados se establecieron cualitativamente como positivos según la coloración azulada que tomó el papel filtro en presencia de fosfatos (Figura 20) (Barba *et al.*, 1991).



Figura 20. Determinación de fosfatos

5.4.3.3 Determinación de pH. Se tomaron 20 g de muestra de suelo seco y se le adicionaron 20 mL de agua tipo II hervida, se agitó durante 3 minutos y se dejó reposar por una hora.

Finalmente, se hizo la medición utilizando un pHmetro marca HACH HQ411d equipado con un electrodo (Figura 21).



Figura 21. Determinación de pH en suelos.

5.4.3.4 Determinación de residuos de ácidos grasos. Para realizar la prueba se mezcló 0.05 g de suelo seco con 3 mL de cloroformo en un tubo de ensayo y se calentó con un mechero hasta evaporar un tercio del volumen. Este procedimiento permitió extraer y concentrar los residuos moleculares de la grasa presentes en la muestra. El concentrado se vertió sobre un vidrio reloj al que se le agregaron 2 gotas de hidróxido de amonio dejando reaccionar durante 1 minuto y luego se agregó dos gotas de peróxido de hidrógeno. La reacción que produce la grasa en presencia del hidróxido de amonio es una “saponificación”, es decir, la formación de jabón, el cual luego se hace reaccionar con el peróxido de hidrógeno para producir espuma y lograr mayor visibilidad. Los resultados se establecieron cualitativamente como positivos según la formación de una espuma estable (Barba *et al.*, 1991).

5.4.3.5 Determinación de residuos de proteínas. Para esta prueba se requirió de 0.2 g de suelo seco, a los que se le agregó 0.05 g de óxido de calcio en un tubo de ensayo, posteriormente, se adicionó 1 ml de agua y se cubrió la boca del tubo con papel indicador de pH humedecido con agua destilada. Luego el tubo se calentó con un mechero de gas para producir vapores y se observó el pH indicado en el papel de filtro, los resultados con pH mayores a 8 se establecieron cualitativamente como positivos (Barba *et al.*, 1991).

5.4.3.6 Determinación de carbohidratos. Para realizar la prueba, inicialmente se pesaron 5 g de muestra de suelo seco al que se le adicionaron 15 mL de agua tipo II, se agitó durante 10 minutos y se filtró por gravedad. Del sobrenadante se tomaron 2 mL y se depositaron en un tubo de ensayo al que se le agregaron dos gotas de reactivo de Molish (solución de 0.5 de α -naftol en 10 mL de etanol), luego se vertieron lentamente y por las paredes del tubo 2 mL de ácido sulfúrico. La reacción se registra en la escala de 0 a 5, donde 5 es el valor máximo asignado visualmente al color púrpura más intenso (Delgado, 2008).

5.5 Aplicación de la química arqueológica en el análisis de resultados

El análisis estadístico de las muestras líticas se llevó a cabo utilizando el programa Microsoft Office Excel que permitió la obtención de gráficos y tablas; el análisis cualitativo de las muestras se realizó usando el software DIFFRAC.EVA, para el análisis cuantitativo se usó del software TOPAS 5 basado en el método de Rietveld, para la presentación de gráficas de los

difractogramas se empleó el software OriginPro versión 9 y el programa Google Earth 2018 para la obtención de imágenes satelitales.

6. Resultados y discusión

6.1 Estadística y análisis de datos arqueológicos

Los formatos líticos, son considerados herramientas cuando son usados por los seres humanos para insertarlos en sus procesos de trabajo. El análisis morfo-técnico de los formatos hallados en el sitio prehistórico La Fe, puede ser tomado de forma provisional hasta que un análisis más riguroso y profundo, permita determinar claramente los trabajos que estas herramientas realizaban. En la clasificación tipológica del total de los artefactos hallados (N=703), se encontraron formatos líticos como navajas, núcleos, raederas, placas, cuchillos, placas naturales, bases, yunques, alisadores, lascas con borde activo, lascas sin borde activo, hachas, multiusos, molinos de mano, choppers, punzones, cuñas, cinceles y manos de moler, siendo las navajas (22,8%) y los núcleos (17,8%) los grupos más representativos del conjunto (Tabla 9 y Figura 22).

Tabla 9. *Tipología lítica del sitio prehistórico La Fe.*

Tipo de formato	Cantidad	Porcentaje
Navaja	160	22.8%
Núcleo	125	17.8%
Raedera	84	11.9%
Placa natural	78	11.1%
Cuchillos	56	8.0%
Placa	44	6.3%
Base	43	6.1%
Yunque	33	4.7%
Alisador	25	3.6%
Lascas con borde activo	14	2.0%
Lascas sin borde activo	13	1.8%
Hacha	6	0.9%
Multiusos	6	0.9%
Molino de mano	5	0.7%
Chopper	4	0.6%
Punzón	3	0.4%
Cuña	2	0.3%
Cinzel	1	0.1%
Mano de moler	1	0.1%
TOTAL	703	

Nota. Los datos estadísticos presentados en esta tabla fueron obtenidos del Apéndice A.

**A) NAVAJAS****B) NÚCLEOS****C) RAEDERAS****D) PLACA NATURAL****E) CUCHILLOS****F) PLACAS****G) BASES****H) YUNQUES**

**I) ALISADORES****J) LASCAS CON BORDE ACTIVO****K) LASCAS SIN BORDE ACTIVO****L) HACHAS****M) MULTIUSOS****N) MOLINO DE MANO****O) CHOPPPER****P) PUNZONES****Q) CUÑAS**



Figura 22. Clasificación de los formatos líticos recolectados en La Fe. En la escala de medida cada color representa 1 cm.

En cuanto a la clasificación del conjunto de muestra por tipo de roca, se reunieron los materiales en grupos litológicos de amplia denominación como chert, arenisca, lutita y caliza debido a la imposibilidad de fracturar los artefactos. En referencia a los tipos de rocas preferidas por los cazadores-recolectores del periodo Arcaico que habitaron este sitio, se encuentra en primer lugar el chert con un porcentaje de 32%, seguido de la arenisca y la caliza con porcentajes similares de 28% y 27% respectivamente y en menor preeminencia las lutitas con un 13% (Tabla 10 y Figura 23).

Tabla 10. Distribución de formatos líticos según tipo de roca sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

Tipo de formato	Chert		Lutita	Caliza	Arenisca
	Negro	Bandeado			
Navaja	65	47	25	6	17
Núcleo	27	24	30	12	32
Raedera	5	13	10	17	39
Placa natural	0	0	2	74	2
Cuchillos	12	18	9	7	10
Placa	0	0	0	41	3
Base	3	0	4	18	18
Yunque	0	0	1	2	30
Alisador	0	0	3	2	20
Lascas con borde	4	2	1	2	5

activo					
Lascas sin borde activo	0	6	2	1	4
Hacha	0	0	0	2	4
Multiusos	1	0	1	0	4
Molino de mano	0	0	1	1	3
Chopper	0	0	0	0	4
Punzón	0	0	0	3	0
Cuña	0	0	1	1	0
Cinzel	0	0	0	1	0
Mano de moler	0	0	0	0	1
Detritus	113	153	11	65	49

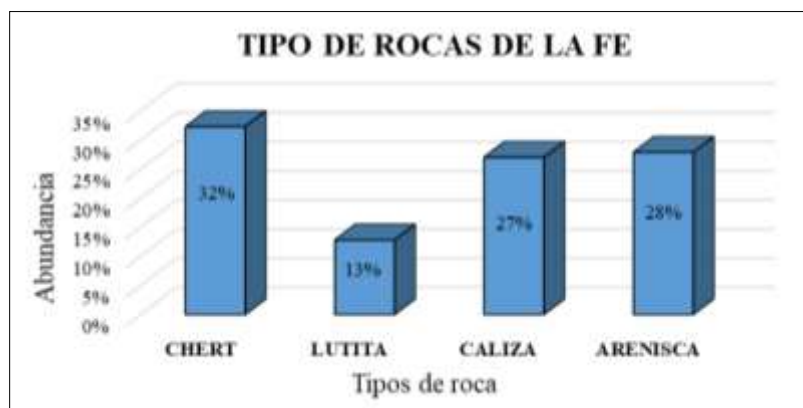


Figura 23. Distribución porcentual de la litología del sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

Las Tabla 9 y Tabla 10 correspondientes a la distribución morfo-técnica y litológica de los artefactos permitieron hacer las siguientes observaciones:

1. El sitio La Fe, presentó para el período Arcaico, ocho morfologías principales (Figura 24. *Morfologías establecidas según las actividades productivas del sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.*), definidas según la forma que presenta el formato y su uso probable en términos de actividades productivas, como:

a). Formatos micro líticos para cortar.

En este grupo se incluyen las lascas con borde activo (Figura 22, J), cuchillos (Figura 22, E) y navajas (Figura 22, A), quienes muestran filos representativos que permiten ejecutar actividades de corte en general.

b). Formatos para raspar y desbastar carnes, huesos y pieles.

Las raederas (Figura 22, C) y los choppers (Figura 22, O) son unas de las herramientas que presentan su funcionalidad más clara y evidente, ya que exhiben una serie de macro-huellas representadas en bordes unificiales o bifaciales semi-cortantes, ideales para las actividades relacionadas con el raspado y desbastado de carnes, huesos y pieles.

c). Formatos para corte y desbaste de madera.

En este grupo de herramientas se incluyen las hachas (Figura 22, L), los punzones (Figura 22, P), los cinceles (Figura 22, R) y las cuñas (Figura 22, Q), que por su forma y dureza fueron destinados para trabajar la madera.

d). Formatos para golpear y tratar recursos vegetales.

Las manos de moler (Figura 22, S), molinos (Figura 22, N) y placas (Figura 22, F) son herramientas especiales designadas para la trituración de raíces, tubérculos, nueces y probablemente granos, y los yunques (Figura 22, H) con su particular superficie de manejo, funcionan como percutores o golpeadores en el aprovechamiento tanto de recursos vegetales (semillas) como líticos y óseos.

e). Formatos para pulir.

En este grupo se encuentran los alisadores (Figura 22, I), que cuentan con caras planas y lisas que permiten el pulimiento de superficies de madera, líticas y de pieles.

f). Formatos multiusos (Figura 22 , M).

Este grupo comprende las herramientas que en sus evidencias de uso macroscópicas pueden presentar dos o más funciones.

g). Formatos de desbaste y extracción para producir distintos tipos de herramientas.

Se incluyen en este grupo los núcleos (Figura 22, B), las bases (Figura 22, G) y las placas naturales (Figura 22, D) que representan bloques de materia prima para la extracción de herramientas.

h). Desechos de talla.

Pertenecen a esta categoría las lascas sin borde activo (Figura 22, K) y los detritus, que son subproductos de la elaboración, modificación y mantenimiento de herramientas.

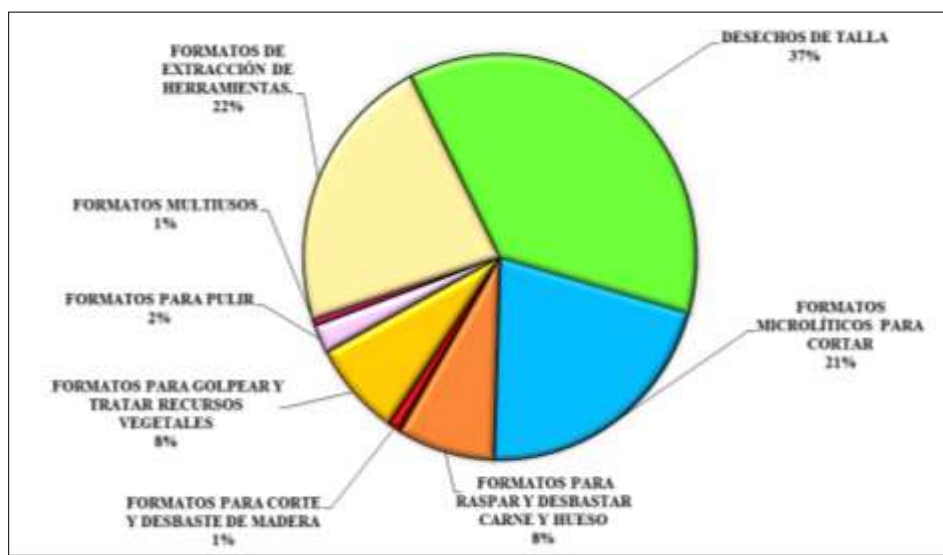


Figura 24. Morfologías establecidas según las actividades productivas del sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

Las actividades características de las comunidades cazadoras-recolectoras están relacionadas con la caza, la pesca y la recolección; como se puede observar en la Figura 24, los formatos asociados a este tipo de actividades (tratamiento de recursos animales y vegetales) representan un porcentaje significativo dentro de la muestra, de igual forma, se evidencian las labores de extracción de herramientas, lo que permite así, dar una primera aproximación acerca de los procesos de ocupación y poblamiento temprano en el sitio La Fe durante el periodo Arcaico.

2. En el sitio de residencia, hay una preeminencia por el trabajo sobre los núcleos que fueron gestionados de los sitios extractivos y cuya actividad de desbaste preferencialmente estaba destinada a la producción de navajas de diferentes materiales litológicos, pero principalmente de chert. La preferencia por estos bloques de materia prima para la confección de herramientas, se debe a su abundancia y calidad de talla muy apta que queda reflejada en los materiales arqueológicos documentados, pues a escasos metros del asentamiento es posible encontrar depósitos de este tipo de material.

3. El chert representa la materia prima más importante en la fabricación de las navajas y los cuchillos, se caracteriza por ser una roca silíceas de gran variedad, en este caso, representada en dos tipos particulares, ambas de talla muy precisa, alta dureza y bordes afilados (Aragón y Franco, 1997) diferenciadas por su color; las navajas fabricadas principalmente en chert negro exhiben una fractura concoidea y su obtención probablemente depende del ángulo de percusión, si el ángulo es de 90° virtualmente la fractura debe ser concoidea debido a la transmisión en círculos cada vez más abiertos de las ondas de percusión que nacen en el punto de impacto, por otro lado, los cuchillos elaborados especialmente en chert bandeado presentan una forma alargada como consecuencia del ángulo de percusión mayor de 120° en donde la transmisión oblicua de las ondas desprende una amplia lasca con bordes laterales (Merino, 1994).

4. Las areniscas, el segundo grupo más representativo del total analizado (28%), aunque se consideran rocas regulares para la talla debido a su estructura granular, fractura irregular e impredecible, pueden ser usadas para determinadas funciones debido a su forma y dureza(Aragón y Franco, 1997), por tal motivo, en el sitio La Fe, este tipo de roca fue preferida para el tratamiento de la madera, raspar, pulir, desbastar y golpear recursos animales y vegetales manifestado en la presencia sobresaliente de yunques, raederas, alisadores, hachas y choppers.

5. La abundancia de yunques fabricados en arenisca (N=30), es un reflejo de las actividades que realizaron los pobladores de esta región, quienes emplearon este tipo de formato no solo en el tratamiento de material vegetal, sino en la elaboración de otras herramientas de lascado como navajas, cuchillos y lascas con borde activo. La totalidad de yunques, son cantos rodados, que principalmente pudieron haberse encontrado en los afluentes cercanos al sitio de asentamiento.

6. En la Tabla 10, se evidencia una baja preferencia por los trabajos sobre núcleos en caliza (N=12), deduciendo que, la mayor parte de las actividades de reducción primaria no se habrían efectuado en el sitio de residencia, debido a que posiblemente los sitios extractivos de materia prima se encontraban cerca al asentamiento.

7. Hay una importante representación de formatos tipo placa natural (N=78) y transformada (N=44) fabricados en caliza, que al ser asociadas con la presencia de molinos de mano (N=5), manos de moler (N=1) y yunques (N=33), pueden indicar una preferencia por actividades relacionadas con el procesamiento de productos vegetales.

8. Las lutitas muestran una clara intencionalidad en la gestión de este recurso al sitio de vivienda como material lítico de reserva, manifestado en la gran cantidad de núcleos encontrados (N=30). Esta materia prima, fue destinada principalmente para la fabricación de formatos de

corte como navajas, cuchillos y raederas, mostrando una planificación por utilizar estos recursos con propósitos económicos definidos como el procesamiento de semillas, corte y tratamiento de pieles de animales.

9. En el sitio de vivienda, se recuperaron una cantidad significativa de detritus (N=391) relacionados a elementos amorfos muy pequeños y 13 lascas sin borde activo; estos representan los desechos de talla originados a lo largo de las diferentes etapas que conformaban las cadenas operativas, distinguidos de otros artefactos ya que no son objeto frecuente de transporte, sino que una vez depositados, permanecen in situ y generalmente se encuentran en áreas cercanas a talleres. La presencia de estos desechos de talla ratifican que en el sitio La Fe, el procesamiento de materia prima se llevó a cabo dentro del área en estudio y principalmente estuvo enfocado al aprovechamiento del chert pues la mayor cantidad de detritus encontrados pertenecen a este tipo de roca (N=266)(Tabla 10).

De acuerdo con la distribución de formatos por nivel Tabla 11 y Figura 25, el sitio de ocupación, se caracterizó por la sucesión de 5 niveles poco profundos adscritos al Arcaico, donde la cantidad más baja (N=13) se encontró en el nivel 5 indicando el inicio de la ocupación, cambiando paulatinamente en el nivel 4 y muy significativamente en el nivel 3; el nivel 3 representa el pico máximo en la obtención de formatos vinculados a una mayor permanencia en el lugar y al aumento en las actividades de manufactura y talla, concentradas primordialmente en la obtención de herramientas de corte destinadas al tratamiento de recursos animales como navajas (N=71) y cuchillos (N=28); los niveles 1 y 2 muestran una disminución de material, posiblemente asociada con una menor intensidad en la ocupación; adicionalmente de acuerdo a la estratigrafía, es posible insinuar un cambio paulatino en las estrategias de subsistencia de los grupos del periodo Arcaico que ocuparon el sitio La Fe, relacionadas con el manejo de cultivos y

evidenciado en la presencia de la industria lítica seleccionada para tratar recursos vegetales como yunques, placas, molinos de mano y manos de moler.

Tabla 11. Distribución estratigráfica de formatos según el nivel del sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

Artefactos	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Navaja	33	38	71	15	3
Núcleo	40	41	34	10	0
Raedera	15	35	24	8	2
Placa Natural	23	25	19	11	0
Cuchillos	9	10	28	4	5
Placa	15	13	15	1	0
Base	17	11	13	2	0
Yunque	7	10	7	9	0
Alisador	9	6	7	2	1
Lascas con borde activo	2	6	4	1	1
Lascas sin borde activo	4	4	4	0	1
Hacha	1	3	2	0	0
Multisusos	1	2	2	1	0
Molino de mano	0	2	2	1	0
Chopper	1	1	1	1	0
Punzón	1	1	1	0	0
Cuña	1	1	0	0	0
Cinzel	0	1	0	0	0
Mano de moler	1	0	0	0	0
TOTAL	180	210	234	66	13

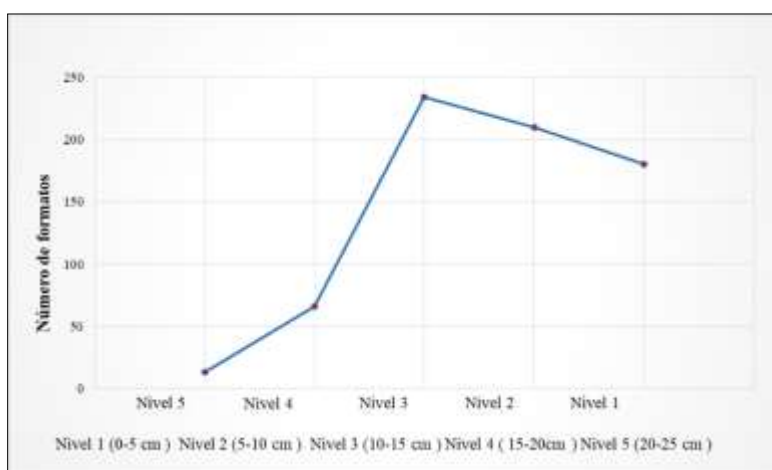


Figura 25. Dispersión de formatos por nivel del sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

Por último, la industria lítica del sitio La Fe, muestra el desarrollo tecnológico enfocado en la obtención de piezas micro-líticas (N=243) y macro-líticas (N=460). Dentro de la clase de los micro-líticos predominante en el nivel 3, se encuentran aquellos de tamaño reducido (inferior a 3 cm) como navajas, lascas y cuchillos, y en la clase macro-lítica sobresaliente en el nivel 2, se encuentran formatos de mayor tamaño como placas, yunques, núcleos, raederas, bases, alisadores, hachas, multiusos, molino de mano, mano de moler, chopper, punzón, cuña y cincel. La Tabla 12, presenta la distribución de la industria lítica según su clase y tipo de roca, en el caso del chert, predomina la industria micro-lítica debido a que este tipo de roca se utilizó principalmente para la fabricación de herramientas asociadas a las actividades de corte como navajas, cuchillos y lascas. Respecto a la lutita, no se observa una preferencia en la industria lítica, ya que los formatos se encuentran distribuidos uniformemente tanto en la clase micro-lítica como macro-lítica. En la industria macro-lítica sobresalen las herramientas fabricadas en arenisca (raederas, yunques y alisadores) y en caliza (placas), usadas para las actividades de supervivencia como la caza y tratamiento de carne, hueso, madera, semillas y raíces, esto respalda la idea de que el sitio prehistórico La Fe, en el periodo Arcaico, fue habitado por una comunidad cazadora-recolectora.

Tabla 12. Distribución de la industria lítica según su clase y tipo de roca del sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

Clase	Tipo de roca			
	Chert	Lutita	Caliza	Arenisca
MICRO-LÍTICA				
Navaja	112	25	6	17
Cuchillos	30	9	7	10
Lascas con borde activo	6	1	2	5
Lascas sin borde activo	6	2	1	4
MACRO-LÍTICA				
Núcleo	51	30	12	32

Raedera	18	10	17	39
Placa natural	0	2	74	2
Placa	0	0	41	3
Base	3	4	18	18
Yunque	0	1	2	30
Alisador	0	3	2	20
Hacha	0	0	2	4
Multiusos	1	1	0	4
Molino de mano	0	1	1	3
Chopper	0	0	0	4
Punzón	0	0	3	0
Cuña	0	1	1	0
Cinzel	0	0	1	0
Mano de moler	0	0	0	1

6.2 Análisis cualitativo y cuantitativo de las fases mineralógicas en materiales líticos mediante DRX

El análisis de los resultados obtenidos por medio de difracción de rayos-X de los formatos líticos seleccionados y su materia prima (N=17), permitió identificar y cuantificar las fases minerales presentes en cada una de las muestras. El análisis cualitativo llevado a cabo a partir de la búsqueda de coincidencias entre los datos obtenidos experimentalmente por difracción de rayos-X de polvo y los perfiles de difracción reportados en la base de datos PDF-2 2004 del software DIFFRAC.EVA, permitió determinar la similitud de los perfiles de difracción entre la muestra tipo geológico, natural tipo excavación y la muestra tipo cultural, confirmado mediante el análisis cuantitativo basado en el método de Rietveld con indicadores estadísticos aceptables como el factor R_{wp} en un rango de 5.09-8.06 y la bondad del ajusten GOF entre 1.80-2.82. A

continuación, se presentan los resultados de acuerdo con la clasificación litológica realizada inicialmente, comprendida por el grupo de roca sedimentarias tipo chert, lutita, caliza y arenisca.

6.2.1 Roca tipo chert. En las Tabla 13 y Tabla 14 se presenta el resumen de los resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos por DRX para las muestras analizadas del grupo chert negro y chert bandeado. Los resultados detallados de los difractogramas se reportan en el Apéndice B.

Tabla 13. Determinación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas del chert negro.

Grupo mineral	FM	Materia prima KSL		Núcleo 290F-2		Lasca con borde activo 642F-3	
		Cualitativo	Wt%	Cualitativo	Wt%	Cualitativo	Wt%
Silicatos	Qz	✓	91.47	✓	98.16	✓	97.94
Carbonatos	C	✓		✓		✓	
	Do	-	6.06	-	<1.00	✓	1.63
Feldespatos	Mi	✓	NC	✓	NC	✓	NC
Feldespatoideos	S	✓	<1.00	✓	<1.00	✓	<1.00
Arcillas	I	✓	<1.00	✓	NC	✓	NC
Micas	Mu	✓	1.15	✓	NC	✓	NC
Sulfuros	Py	✓	<1.00	✓	<1.00	✓	<1.00
Fosfatos	F	✓	<1.00	✓	<1.00	✓	<1.00

Nota: FM: fase mineral, Qz: cuarzo, C: calcita, Do: dolomita, Mi: microclina, S: sodalita, I: Ilita, Mu: moscovita, Py: pirita, F: fluorapatita, NC: no cuantificó. Wt %: cantidad de fase relativa.

Tabla 14. Determinación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas del chert bandeado

Grupo mineral	FM	Materia prima G55		Cuchillo 630F-4	
		Cualitativo	Wt%	Cualitativo	Wt%
Silicatos	Qz	✓	99.86	✓	99.81
Feldespatos	Mi	✓	NC	✓	NC
Feldespatoideos	S	✓	<1.00	✓	<1.00
Sulfuros	Py	✓	NC	✓	NC
Fosfatos	F	✓	NC	✓	NC
Óxidos	H	✓	<1.00	✓	<1.00

Nota: FM: fase mineral, Qz: cuarzo, Mi: microclina, S: sodalita, Mu: moscovita, Py: pirita, F: fluorapatita, H: hematita, NC: no cuantificó. Wt% : cantidad de fase relativa.

En las tablas anteriores, se muestran los grupos de los minerales con sus respectivas fases identificadas en los difractogramas junto con su cantidad de fase relativa. En los dos tipos de chert analizados, se pudo apreciar que el mineral más abundante fue el cuarzo (Qz) con porcentajes superiores al 91.47 Wt%, de igual forma, fue posible determinar otras fases mineralógicas con picos de baja intensidad y en bajas proporciones como la microclina (Mi), el feldespatóide sodalita (S), el sulfuro pirita (Py) y la fluorapatita (F) un mineral fosfato.

Por otra parte, la hematita (H), un óxido de hierro solo se observó en el chert bandeado en cantidades menores a 1.00 Wt%, asimismo, la moscovita (Mu), la illita (I) y los carbonatos (calcita (C) y dolomita (Do) solo pudieron ser identificados en el chert negro; la variación en estos minerales, permitió señalar que existe una diferencia entre los dos tipos de chert hallados en esta investigación, asociada posiblemente a las características de los afloramientos de chert, ya que suele encontrarse como nódulos con estratos de caliza o como capas de roca (Stow, 2005). Finalmente, es importante destacar la presencia de dolomita (Do), un carbonato compuesto por calcio y magnesio, únicamente en la muestra de lasca con borde activo 642F-3.

6.2.2 Roca tipo lutita. En la Tabla 15 se presenta el resumen de los resultados cualitativos y cuantitativos de las muestras analizadas mediante DRX. Los resultados detallados de los difractogramas se consignan en el Apéndice C.

Tabla 15. Determinación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas de las lutitas.

Grupo mineral	FM	Materia prima LTA		Núcleo 255F-2		Cuña 598F-2	
		Cualitativo	Wt%	Cualitativo	Wt%	Cualitativo	Wt%
Silicatos	Qz	✓	90.04	✓	89.28	✓	88.24
Feldespatos	Mi	✓	NC	✓	NC	✓	NC
	O	✓		✓		✓	
Arcillas	K	✓	7.22	✓	7.80	✓	8.73
	I	✓		✓		✓	
	Mo	✓		✓		✓	
Micas	Mu	✓	2.41	✓	2.92	✓	3.04
Sulfuros	Py	✓	<1.00	✓	NC	✓	NC
Fosfatos	F	✓	<1.00	✓	NC	✓	NC
Óxidos	H	✓	<1.00	✓	NC	✓	NC

Nota: FM: fase mineral, Qz: cuarzo, Mi: microclina, O: ortoclasa, K: caolinita, I: ilita, Mo: Montmorillonita, Mu: moscovita, Py: pirita, F: fluorapatita, H: hematita, NC: no cuantificó. Wt%: cantidad de fase relativa.

En este tipo de roca al igual que en el chert, se observó un predominio de la fase mineralógica cuarzo (Qz) con un porcentaje mayor a 88.24 Wt% en las muestras analizadas como se puede observar en la tabla anterior, así como el porcentaje sobresaliente de las fases mineralógicas características de este tipo de roca como caolinita (K), ilita (I), montmorillonita (Mo) (arcillas entre 7.22Wt% y 8.73Wt%) y moscovita (Mu) (micas entre 2.41 y 3.04Wt%), además de otros minerales constituyentes que se encuentran en menor concentración como la microclina (Mi) y la ortoclasa (O) (feldespatos), la pirita (Py) (sulfuro), la fluorapatita (F) (fosfato) y la hematita (H) (óxido de hierro).

6.2.3 Roca tipo caliza. En la Tabla 16 se presenta el resumen de los resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos por DRX para las muestras analizadas del grupo de las calizas. Los resultados detallados se reportan en el Apéndice D.

Tabla 16. *Determinación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas de las calizas*

Grupo mineral	FM	Materia prima FKIS		Núcleo 288F-3		Cuchillo 581F-1		Placa natural 675F-2		Placa 132F-3	
		Cual.	Wt%	Cual.	Wt%	Cual.	Wt%	Cual.	Wt%	Cual.	Wt%
Silicatos	Qz	✓	30.73	✓	19.01	✓	21.61	✓	40.87	✓	57.18
Carbonatos	C	✓		✓		✓		✓		✓	
	Do	✓	53.97	-	79.24	-	75.52	-	53.62	-	31.78
	Cm	✓		✓		✓		✓		✓	
Feldespatos	Mi	✓		✓		✓		✓		✓	
	O	✓	4.50	✓	<1.00	✓	<1.00	✓	<1.00	✓	<1.00
	Al	✓		-		-		-		-	
Arcillas	K	✓		-		-		-		-	
	I	✓	3.84	✓	1.30	✓	1.71	✓	1.16	✓	3.83
	Mo	-		-		-		✓		✓	
Micas	Mu	✓	4.17	✓	<1.00	✓	<1.00	✓	2.82	✓	4.14
Sulfuros	Py	✓	<1.00	✓	NC	✓	NC	✓	NC	✓	NC
Fosfatos	F	✓	<1.00	✓	NC	✓	NC	✓	<1.00	✓	NC
Óxidos	H	✓	<1.00	✓	NC	✓	NC	✓	NC	✓	NC
Sulfatos	Y	✓	2.17	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota: FM: fase mineral, Qz: cuarzo, C: calcita, Do: Dolomita, Cm: calcita magnesiana, Mi: microclina, O: ortoclase, Al: albita, K: caolinita, I: illita, Mo: montmorillonita, Mu: moscovita, Py: pirita, F: fluorapatita, H: hematita, Y: yeso, NC: no cuantificó. Wt%: cantidad de fase relativa. Cual: cualitativo.

De acuerdo con la tabla anterior, los componentes más abundantes, a excepción de la muestra 132F-3, son los carbonatos con un porcentaje mayor a 53.62 Wt% representados principalmente por la calcita (C), la calcita magnesiana (Cm), y en menor proporción la dolomita (Do) detectada únicamente en la muestra de materia prima FKIS, la presencia destacada de estos constituyentes es particular de rocas tipo caliza. El segundo mineral detectado en mayor abundancia fue el cuarzo (Qz), seguido de las arcillas, entre las cuales se logró identificar la illita(I) en todo el

conjunto de muestra, la montmorillonita (Mo) apreciada solo en las muestras placa 675F-2 y placa natural 132F-3 y la caolinita (K) únicamente en la muestra de materia prima FKIS.

La moscovita (Mu), un mineral micáceo se encontró en proporciones variadas en todo el conjunto de muestra, en cuanto al grupo de los feldespatos, en la muestra de materia prima FKIS se determinó con un porcentaje de 4.50 Wt% para las fases minerales de microclina (Mi), ortoclasa (O) y albita (Al) y, en las demás muestras analizadas solo se detectaron las señales características de microclina y ortoclasa en cantidades menores a 1.00 Wt%.

Por último, la pirita (Py), la fluorapatita (F) y la hematita (H) fueron tres fases mineralógicas encontradas en muy baja cantidad y observadas en el total de las muestras. Es importante resaltar, que la fase mineralógica yeso (Y) fue encontrada exclusivamente en la muestra de materia prima FKIS con un porcentaje de 2.17 Wt%.

6.2.4 Roca tipo areniscas. En la Tabla 17 se presenta el resumen de los resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos por DRX para las muestras analizadas del grupo de las areniscas. Los resultados detallados de los difractogramas se reportan en el Apéndice E.

Tabla 17. Determinación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas de las areniscas

Grupo mineral	FM	Materia prima MTA		Núcleo 218F-3		Yunque 2F-2		Raedera 355F-3	
		Cual.	Wt%	Cual.	Wt%	Cual.	Wt%	Cual.	Wt%
Silicatos	Qz	✓	97.69	✓	97.84	✓	98.01	✓	97.92
Feldespatos	Mi	✓	NC	✓	<1.00	✓	<1.00	✓	<1.00
	O	✓		✓		✓		✓	
Arcillas	K	✓	2.20	-	NC	-	NC	-	NC
	I	✓		✓		✓		✓	
Micas	Mu	✓	NC	✓	1.67	✓	1.56	✓	1.61
Sulfuros	Py	✓	NC	✓	NC	✓	NC	✓	NC

Fosfatos	F	✓	<1.00	✓	NC	✓	NC	✓	NC
Óxidos	H	✓	<1.00	✓	<1.00	✓	<1.00	✓	<1.00

Nota: FM: fase mineral, Qz: cuarzo, Mi: microclina, O: ortoclasa, K: caolinita, I: ilita, Mu: moscovita, Py: pirita, F: fluorapatita, H: hematita, NC: no cuantificó. Wt% : cantidad de fase relativa. Cual: cualitativo

En términos cuantitativos de la composición mineralógica, el análisis de las areniscas reveló que el mineral más abundante en todas las muestras estudiadas es el cuarzo (Qz) (> 97.69 Wt%), lo que permite clasificarlas dentro del grupo de las cuarzoarenitas, seguido de otras fases minerales en cantidades bajas como los feldespatos microclina (Mi) y ortoclasa (O), las arcillas caolinita(K) e ilita (I), el mineral micáceo moscovita (Mu), al igual que la pirita (Py), la fluorapatita (F) y la hematita (H) un óxidos de hierro en cantidades <1.00 Wt%. Es necesario resaltar que solo fue posible apreciar la caolinita (K) en la muestra de materia prima MTA.

6.3 Análisis de abastecimiento y procedencia de los materiales líticos

El análisis del proceso de abastecimiento y procedencia de las materias primas utilizadas por las comunidades cazadoras-recolectoras que habitaron el sitio prehistórico La Fe, permite conocer la gestión de recursos minerales, entender los patrones de movilidad y la selección de materia prima en los procesos técnicos de manufactura de herramientas líticas. Este análisis se llevó a cabo en cada uno de los tipos de roca establecidos (litología) teniendo en cuenta la base teórica planteada en la sección 3.3.1.4, los ambientes morfogenéticos de la zona en estudio, los resultados de la identificación cualitativa y cuantitativa de las fases mineralógicas mediante la aplicación de DRX y la distancia de las fuentes de aprovisionamiento de los recursos líticos respecto al sitio prehistórico La Fe. En este caso, se generalizó el uso de dos categorías, una es

la materia prima local, designada como aquella que proviene de las fuentes primarias²³ o secundarias²⁴ encontradas a corta distancia del asentamiento en un rango máximo de 11 Km lineales²⁵ y que por ello su explotación no implicó grandes gastos de energía-tiempo. Por otra parte, se consideró como materia prima regional aquella localizada a distancias mayores de 11 Km lineales medidos desde el asentamiento, permitiendo inferir la implicación de un mayor esfuerzo por parte de las sociedades arcaicas.

El análisis del abastecimiento de materias primas presentado a continuación se desarrolló teniendo en cuenta los diferentes tipos de rocas representadas en la muestra arqueológica de los formatos líticos.

6.3.1 Tipo de roca chert negro. Aplicando la técnica DRX en la valoración de la composición mineralógica entre los formatos líticos del sitio prehistórico La Fe y la fuente de materia prima extraída del punto 3 (KSL) (Figura 26), se obtuvieron los difractogramas cuya comparación permitió corroborar la amplia correlación de las fases mineralógicas como cuarzo, calcita, microclina, ilita, moscovita, pirita, fluorapatita y sodalita, confirmada con el análisis cuantitativo reportado en la Tabla 13 donde se observan porcentajes similares entre las fases minerales cuantificables, atribuyendo a este punto características de fuente primaria de materia prima para el aprovisionamiento de chert negro. Conviene subrayar que la diferencia aceptada de la composición porcentual del cuarzo y los carbonatos están sujetas a las características del

²³ Las fuentes de materia prima primarias son aquellas en las que el material aparece en forma de filones u otras manifestaciones geológicas de la zona.

²⁴ Las fuentes de materia prima secundaria son aquellas en la que la materia prima ha sido transportada por algún agente

²⁵ Distancia normal considerada dentro de la cual un grupo de personas recorren una trayectoria de ida y vuelta desde el asentamiento hasta la fuente de materia prima en un día.

afloramiento, ya que el chert negro fue encontrado en intercalaciones con estratos de caliza. Adicionalmente, la similitud en el color negro brillante y el tamaño de grano fino de los formatos fabricados en chert negro seleccionados de la muestra recolectada y una muestra de referencia extraída del punto 3 (P3) de la formación La Luna (Figura 27), fueron atributos macroscópicos utilizados como herramienta confirmatoria en la gestión de este recurso lítico.

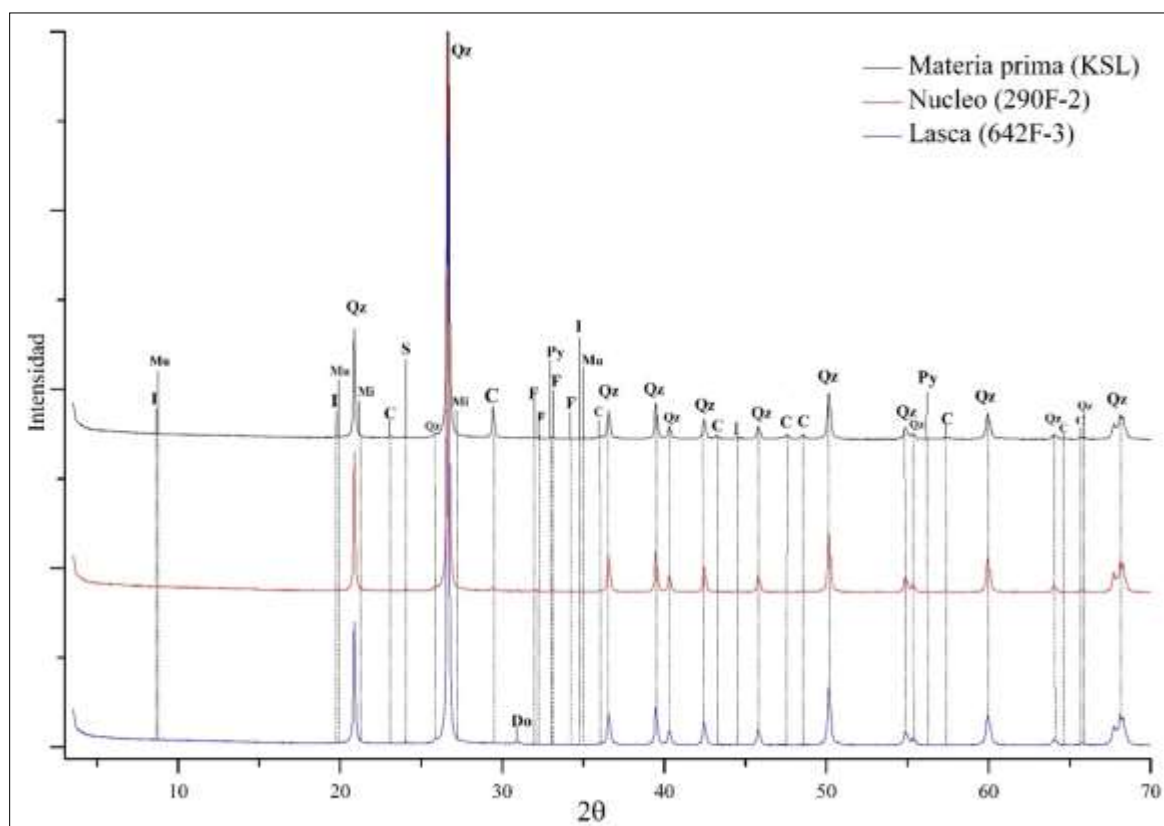


Figura 26. Difractogramas y comparación de las fases mineralógicas del chert negro. Las líneas punteadas representan las fases minerales en común. Qz: cuarzo, Mi: microclina, C: calcita, I: ilita, Mu: moscovita, Py: pirita, F: fluorapatita, S: sodalita, Do: dolomita.



Figura 27. Muestras tipo chert negro. a) materia prima KSL. b) núcleo 290F-2. c) lasca con borde activo 642F-3. En la escala de medida cada color representa 1 cm.

Ahora bien, en el marco teórico de la gestión de los recursos líticos, los anteriores resultados (comparación mineralógica y atributos macroscópicos) corroboraron la relación entre las estrategias de aprovisionamiento y el esfuerzo invertido en ello por parte de las comunidades cazadoras-recolectoras de La Fe (considerando una distancia máxima de 11 Km como máximo esfuerzo día hecho por una persona para ir del centro de residencia al lugar de extracción). Si se tiene en cuenta la distancia y la calidad para la talla en la explotación del chert negro del punto 3 como fuente de procedencia primaria de material lítico, que en este caso, correspondió a 4.32 Km lineales como se aprecia en la Figura 28, se puede plantear que la preeminencia de formatos fabricados en este tipo de roca (N=117) es función de la distancia recorrida por estas comunidades, el tipo de acceso, la facilidad de explotación y la buena calidad del chert negro como materia prima para la talla, es decir, a menor distancia, menor gasto de energía, mayor cantidad de formatos en chert negro, acceso directo a la fuente extractiva y una mínima inversión de energía- tiempo en el proceso de manufactura. Con base en los diferentes aspectos expuestos anteriormente, se puede afirmar que las comunidades cazadoras-recolectoras del sitio

prehistórico La Fe explotaron de manera local y directa la materia prima de chert negro perteneciente al punto 3 de la formación La Luna.



Figura 28. Localización geográfica y espacial de la fuente de materia prima para el chert negro (P3). Adaptado de Google Earth 2018.

6.3.2 Tipo de roca chert bandeado. La comparación cualitativa de los datos obtenidos por difracción de rayos-X permitió establecer la correspondencia de las fases mineralógicas como cuarzo, microclina, sodalita, moscovita, piritita, fluorapatita y hematita, entre la herramienta lítica seleccionada de la muestra recolectada en el sitio prehistórico La Fe y la fuente de materia prima extraída del punto 5 (G55) del depósito aluvial (Figura 29), confirmada con el análisis cuantitativo reportado en la Tabla 14 donde la composición porcentual de las fases minerales cuantificables, tanto en la materia prima como en la herramienta son muy similares. Adicionalmente, los formatos fabricados en chert bandeado y la muestra de referencia del punto 5 (P5) (Figura 30) compartían propiedades físicas como el color café grisáceo y su tamaño de

grano fino, permitiendo así concluir que el punto 5 fue utilizado como una de la fuente de aprovisionamiento de esta materia prima.

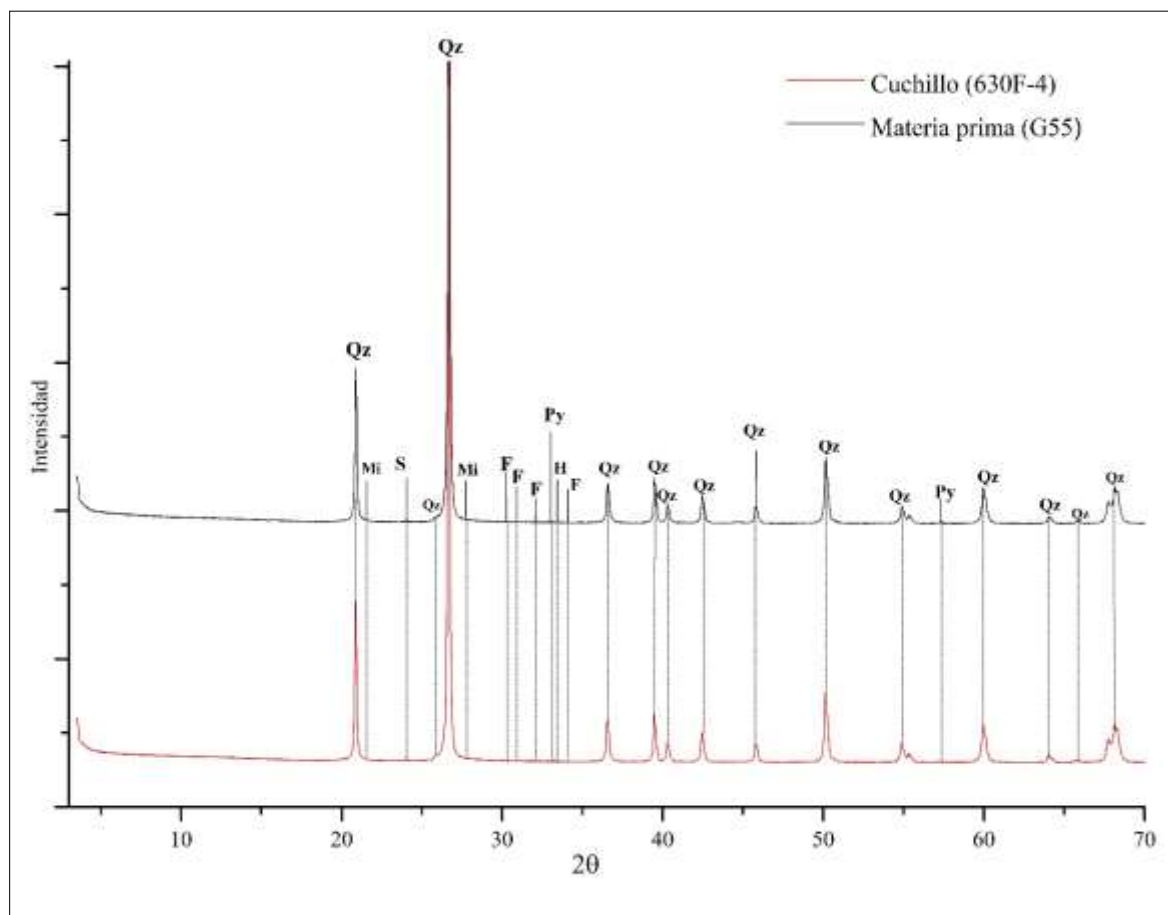


Figura 29. Difractogramas y comparación de las fases mineralógicas del chert bandeado. Las líneas punteadas representan las fases minerales en común. Qz: cuarzo, Mi: microclina, S: sodalita, Mu: moscovita, Py: pirita, F: fluorapatita, H: hematita.



Figura 30. Muestras tipo chert bandeado. a) Afloramiento. b) Materia prima G55 c) Cuchillo 630F-4. En la escala de medida cada color representa 1 cm.

En cuanto a la distancia del afloramiento, es importante resaltar que al encontrarse a solo 0.155 Km del sitio de asentamiento (Figura 31), representa una de las estrategias de aprovisionamiento local y directa que implicó un bajo gasto de energía-tiempo en su explotación y manufactura, lo que explica la cantidad elevada de formatos (N=110) y detritus (N=153) de este tipo de roca. Teniendo en cuenta las anteriores observaciones, se establece que las comunidades cazadoras-recolectoras del sitio prehistórico La Fe usaron el punto 5 de la formación La Luna como fuente de procedencia de materia prima tipo chert bandeado.

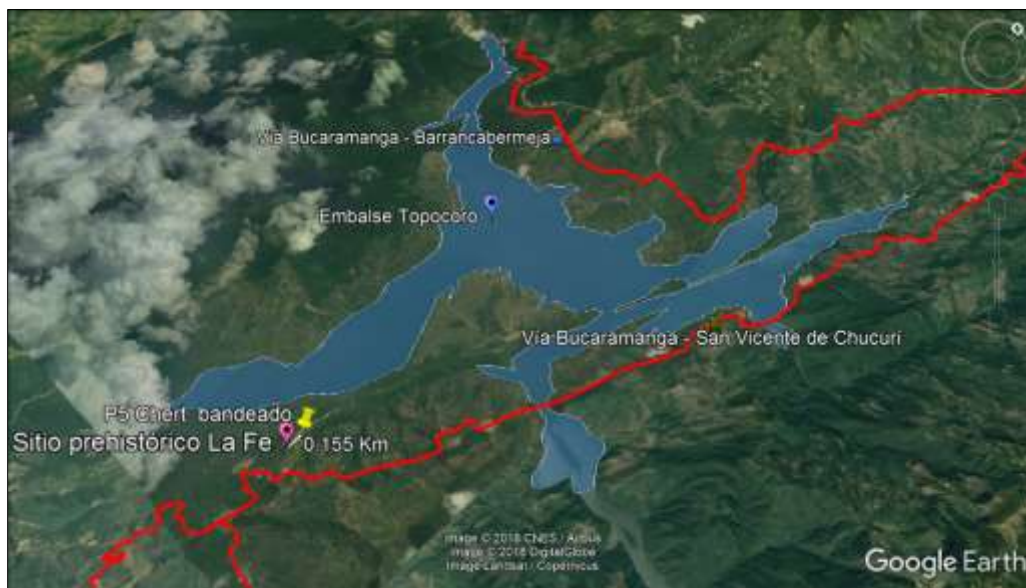


Figura 31. Localización geográfica y espacial de la fuente de materia prima para el chert bandeado (P5). Adaptado de Google Earth 2018.

6.3.3 Tipo de roca lutita. Mediante el análisis de difracción de rayos-X se comprobó que la muestra de materia prima extraída de la formación Umir correspondiente al punto 1 (materia prima LTA) y los formatos líticos comparten cualitativamente las fases mineralógicas cuarzo, microclina, ortoclasa, caolinita, illita, montmorillonita, moscovita, pirita, fluorapatita, hematita (Figura 32), además el análisis cuantitativo reveló que sus grupos minerales principales como silicatos (cuarzo), arcillas y micas contienen cantidades relativas muy similares (Tabla 15). Asimismo, las características físicas semejantes como el color gris claro y el tamaño de grano entre los artefactos líticos y la muestra de materia prima (P1) (Figura 33), permitieron confirmar que este punto correspondió a una de las fuentes de aprovisionamiento para la materia prima lutita.

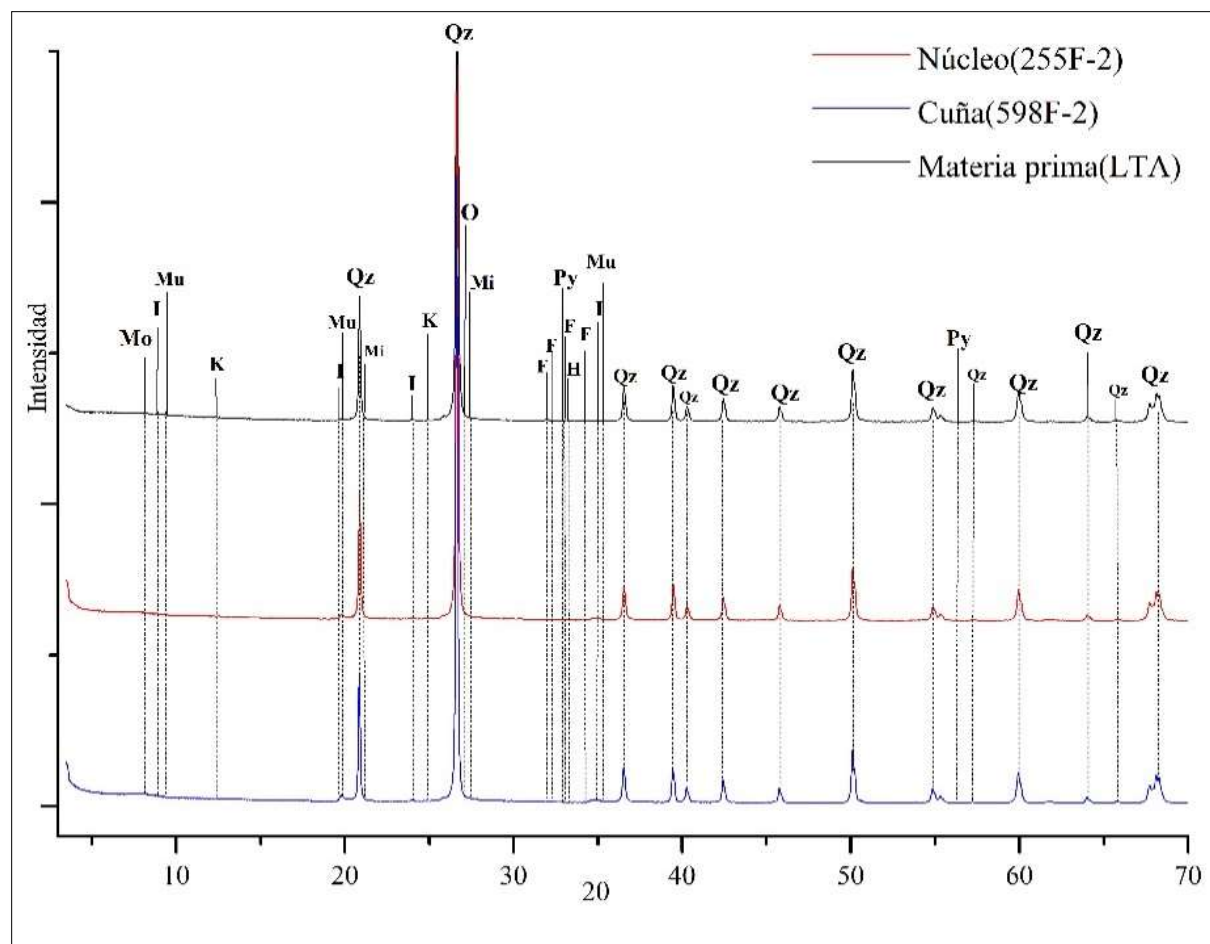


Figura 32. Difractogramas y comparación de las fases mineralógicas de las lutitas. Las líneas punteadas representan las fases minerales en común. Qz: cuarzo, Mi: microclina, O: ortoclasa, K: caolinita, I: illita, Mo: Montmorillonita, Mu: moscovita, Py: pirita, F: fluorapatita, H: hematita



Figura 33. Muestras tipo lutita. a) materia prima LTA b) núcleo 255F-2 c) cuña 598F-2. En la escala de medida cada color representa 1 cm.

La movilidad de las comunidades prehistóricas tanto en el espacio (distancia) como en el tiempo (frecuentación del espacio) constituyen un elemento fundamental para establecer las estrategias de extracción y abastecimiento de los recursos líticos, en el caso de las lutitas, el punto 1 estimado como fuente de aprovisionamiento se encontró a una distancia de 18 Km lineales medidos desde el asentamiento (Figura 34), considerándose así, como fuente de materia prima regional donde hubo un mayor gasto de energía como consecuencia de su acceso indirecto, justificando así la alta cantidad de núcleos (N=30) y la baja cantidad de formatos (N=60) respecto al conjunto de muestra. De acuerdo con lo anterior, se estableció que las comunidades cazadoras-recolectoras del sitio prehistórico La Fe probablemente se aprovisionaron del punto 1 como fuente de materia prima tipo lutita.



Figura 34. Localización geográfica y espacial de la fuente de materia prima para las lutitas (P1). Adaptado de Google Earth 2018.

6.3.4 Tipo de roca caliza. Las propiedades físicas y químicas observadas en los formatos líticos fabricados en caliza seleccionados de la muestra recolectada en el sitio prehistórico La Fe, como su color gris oscuro y la producción de efervescencia al reaccionar sus compuestos carbonatados con HCl, fueron un punto de comparación inicial con la muestra de referencia extraída del punto 4 (P4) perteneciente a la formación La Luna (Figura 35). En la Figura 36 es posible observar que tanto los formatos líticos como la materia prima comparten cualitativamente las fases minerales más predominantes como el cuarzo y la calcita, sin embargo, la materia prima exhibe otras fases minerales como dolomita, albita, caolinita y yeso. Estas diferencias se ven reflejadas en el análisis cuantitativo (Tabla 16) en donde la muestra de materia prima FKIS presenta una composición porcentual variada de los grupos minerales que no permite establecer comparaciones cuantitativas con las demás muestras.

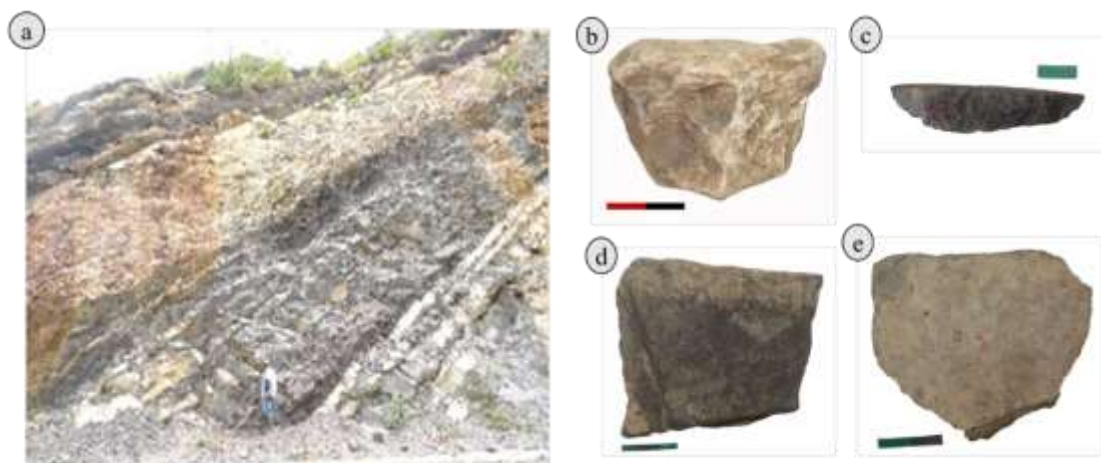


Figura 35. Muestras tipo chert caliza. a) Materia prima FKIS b) Núcleo 288F-3 c) Cuchillo 581F-1 d) Placa natural 675F-2 e) placa 132F-3. En la escala de medida cada color representa 1 cm.

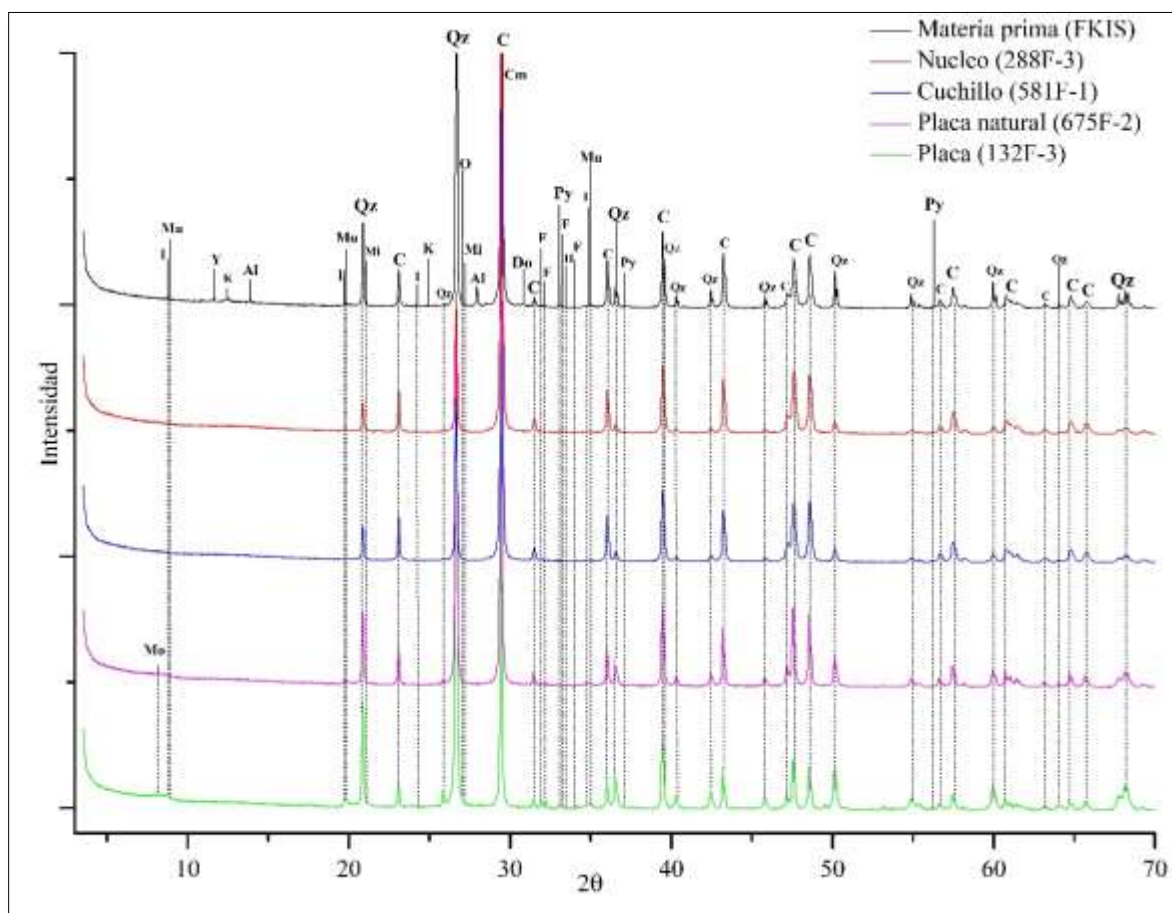


Figura 36. Difractogramas y comparación de las fases mineralógicas de las calizas. Las líneas punteadas representan las fases minerales en común. Qz: cuarzo, C: calcita, Do: Dolomita, Cm: calcita magnesiana, Mi: microclina, O: ortoclasea, Al: albite, K: caolinita, I: ilita, Mo: montmorillonita, Mu: moscovita, Py: pirita, F: fluorapatita, H: hematita, Y: yeso

Otro rasgo importante de resaltar en este análisis, es que el conjunto de las muestras núcleo 288F-3 y cuchillo 581F-1 exponen una composición mineral similar cualitativa y cuantitativamente, caso contrario sucede en las muestras placa natural 675F-2 y placa 132F-3 con las que no fue posible establecer una comparación cualitativa y cuantitativa entre el grupo de muestras debido a que presentan la fase mineral montmorillonita y, la cantidad de cuarzo en la muestra placa 132F-3 es superior al 50.00 Wt% (Tabla 16).

Recapitulando, los análisis cualitativos y cuantitativos mencionados anteriormente, permiten plantear la idea de que este afloramiento posiblemente no representó una fuente potencial de materia prima para la fabricación de formatos en caliza a pesar de que este punto se localizó a tan solo 1.5 Km lineales medidos desde el asentamiento (Figura 37) de igual forma, las diferencias composicionales de los cuatro artefactos analizados sugieren que las comunidades cazadoras-recolectoras del sitio La Fe posiblemente tenían varias fuente de aprovisionamiento para este tipo de roca, afirmación que se puede justificar teniendo en cuenta la Figura 38 donde se muestra la geología de la región El Tablazo en un radio de 10 Km medidos desde el sitio de asentamiento, junto con las diferentes formaciones que lo rodean como La Luna (Ksl), Rosa Blanca (Kir), Simití (Kis), Tablazo (Kit) y Paja (Kip), que según la descripción geológica plasmada en las memorias explicativas de los cuadrángulos H-12 (Bucaramanga) y H-13 (Pamplona) (Ward et al., 1973; Royero y Clavijo, 2001), se encuentran constituidas de caliza maciza gris oscura a negra y shale gris oscuro calcáreo.



Figura 37. Localización geográfica y espacial de la fuente de materia prima para las calizas (P4). Adaptado de Google Earth 2018.

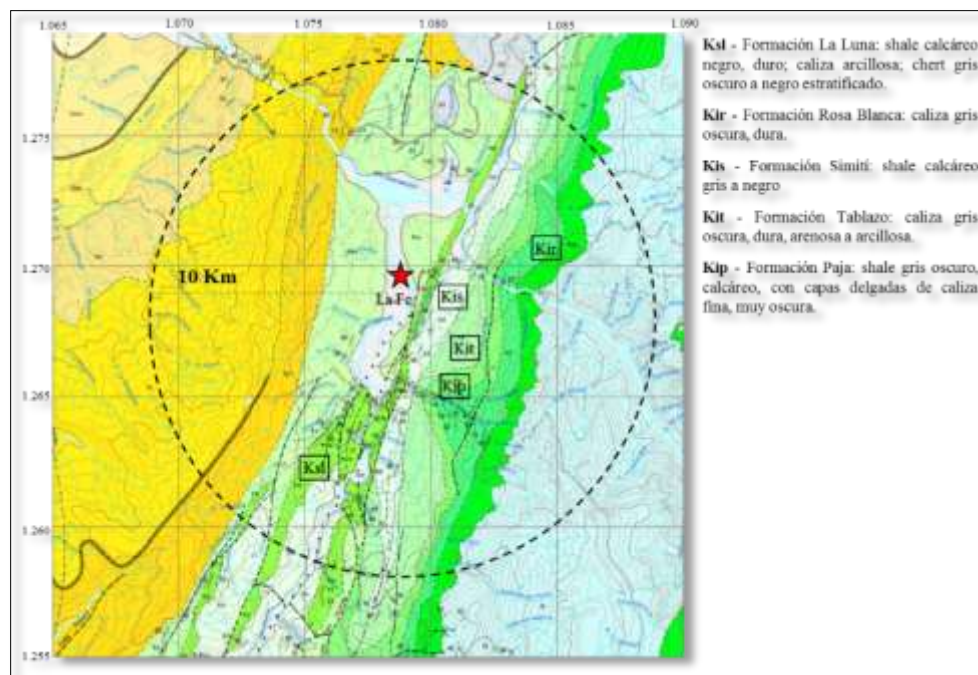


Figura 38. Formaciones de caliza y shale calcáreo localizadas a 10 Km lineales desde La Fe. Adaptado de Instituto Colombiano de INGEOMINAS (2013).

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, la materia prima caliza posiblemente puede ser catalogada de origen local y directo, indicando así, que el esfuerzo por obtener esta materia prima fue bajo, aspecto que se ve reflejado en la gran cantidad de formatos líticos encontrados en este tipo de roca (N=190). Para confirmar el planteamiento de que la materia prima caliza sea local y directa, es necesario seguir explorando los diversos afloramientos que contiene esta roca para establecer una relación más precisa acerca de las estrategias de su aprovisionamiento.

6.3.5 Tipo de roca arenisca. Los formatos líticos hallados en el sitio prehistórico La Fe fabricados en areniscas amarillas, se caracterizan por ser cantos rodados, los cuales inicialmente fueron correlacionados con un bloque de muestra extraída como posible fuente de materia prima en el punto 2 (P2) (Figura 39), que pertenecía a la formación Tablazo (Kit) constituida por areniscas de grano fino a medio, caliza y lutita gris. Esta comparación se realizó con el fin de tener un punto de referencia basado solamente en el tipo de roca y el color.

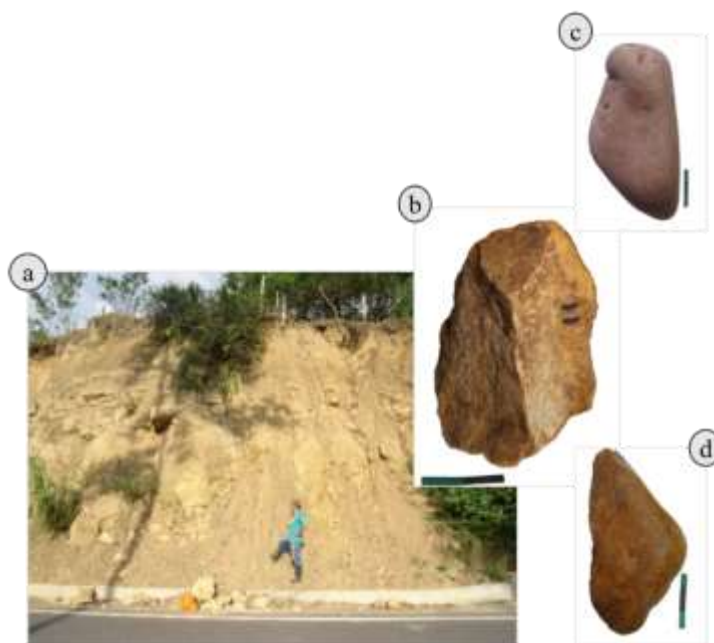


Figura 39. Muestras tipo arenisca. a) Materia prima MTA b) núcleo 218F-3 c) Yunque 2F-2 d) Raedera 355F-3. En la escala de medida cada color representa 1 cm.

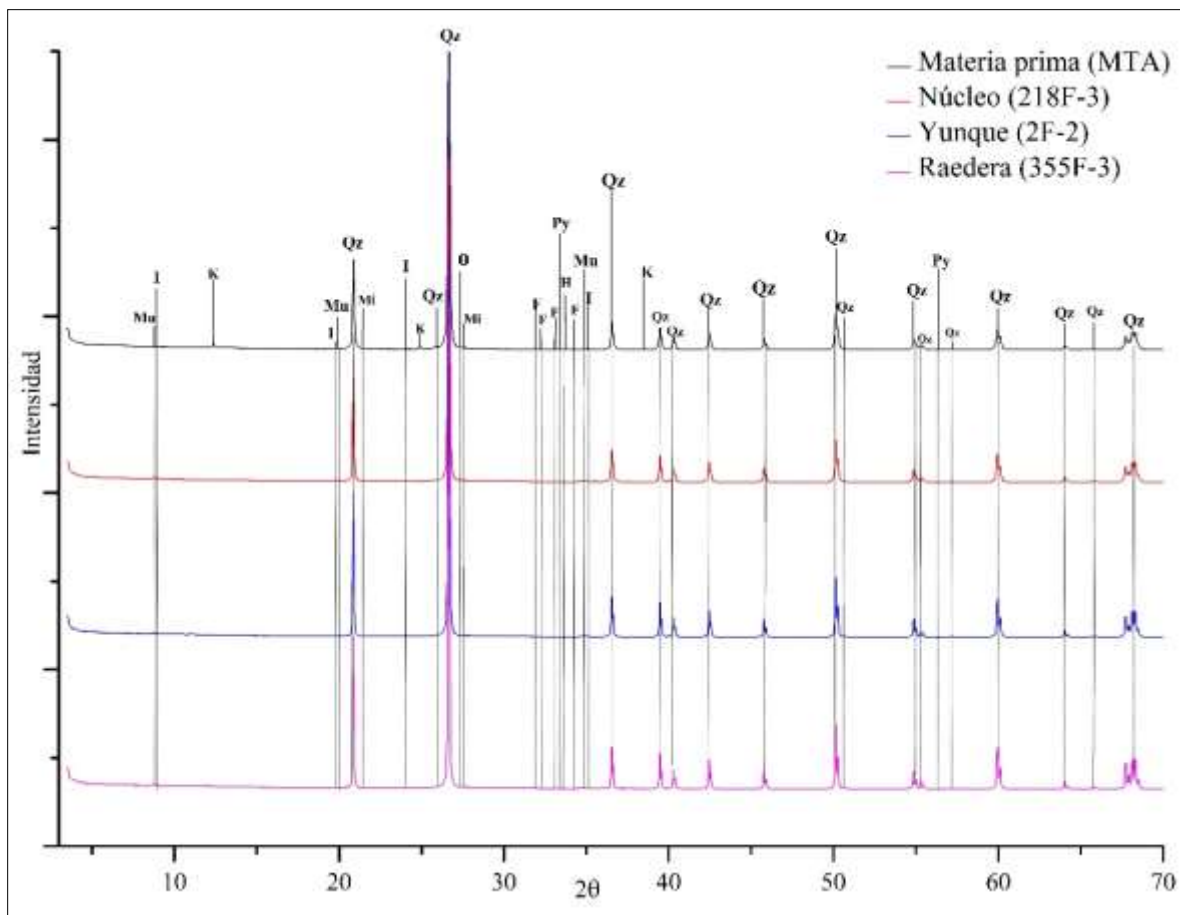


Figura 40. Difractogramas y comparación de las fases mineralógicas de las areniscas. Las líneas punteadas representan las fases minerales en común. Qz: cuarzo, Mi: microclina, O: ortoclasa, K: caolinita, I: illita, Mu: moscovita, Py: pirita, F: fluorapatita, H: hematita.

El análisis cualitativo mostrado en la Figura 40 permite observar que el conjunto de muestra analizado comparte las fases mineralógicas cuarzo, microclina, ortoclasa, illita, moscovita, pirita, fluorapatita y hematita, a excepción de la caolinita que solo se observa con señales moderadas en la muestra de materia prima (MTA), lo cual se ve reflejado en la composición porcentual del grupo mineral arcilla 2.20 Wt% reportado en la Tabla 17. A pesar de que las diferencias porcentuales podrían estar en un rango aceptable y teniendo en cuenta la distancia relativamente corta de 7.4 Km desde el punto 2 al asentamiento (Figura 41), la ausencia de la caolinita en los formatos analizados y sus características físicas de canto rodado sugieren que la muestra de

materia prima MTA no representa una fuente potencial de materia prima. Es importante resaltar que los tres formatos seleccionados mantienen una relación cualitativa y cuantitativa muy similar, lo que lleva a pensar que probablemente provienen de la misma fuente de materia prima.



Figura 41. Localización geográfica y espacial de la fuente de materia prima para las areniscas (P2). Adaptado de Google Earth 2018.

La característica física de canto rodado de los formatos líticos fabricados en areniscas y hallados en el sitio prehistórico La Fe, es particular de guijarros que al someterse a corrientes de agua colisionan y se frotan uno contra el otro, la abrasión resultante, produce la forma familiar lisa y redondeada de las rocas de los ríos (Domokos, Jerolmack, Sipos, & Török, 2014).

Partiendo de esta idea y teniendo en cuenta la considerable cantidad de formatos líticos fabricados y hallados en areniscas (N=196) que indican un gasto menor de energía por parte de estas sociedades en la obtención de este tipo de roca, se puede considerar que las fuentes de abastecimiento de materia prima usadas por las comunidades cazadoras-recolectoras, probablemente fueron depósitos secundarios de origen local y directo como corrientes de agua natural cercanas al sitio prehistórico la Fe existentes en el periodo de asentamiento.

6.4 Análisis de áreas de actividad

La interpretación del comportamiento humano a partir de los restos materiales depositados en el paisaje y el análisis de los pisos de ocupación derivados de los cortes estratigráficos, conforman un conjunto de datos inscritos en los niveles de investigación espacial en la arqueología. Los análisis químicos de los residuos depositados en los suelos donde los seres humanos llevaron a cabo actividades cotidianas particulares, proporcionan la interpretación de las unidades espaciales mínimas del registro arqueológico, en las que las acciones socio-productivas y repetidas, quedan impresas a través de la concentración de los componentes químicos de los desechos, artefactos líticos y restos botánicos y óseos que reflejan procesos particulares de subsistencia (Parnell & Terry, 2002; Ortiz, 2010).

Las diferentes actividades socio-productivas realizadas por las comunidades cazadoras-recolectoras en el sitio La Fe, se pueden analizar basándose en la comparación de la distribución de evidencias susceptibles al desplazamiento (material lítico, restos botánicos y óseos) con el ordenamiento del espacio definido a partir de los residuos de escasa movilidad (marcadores arqueológicos) y la compactación del suelo en las áreas residenciales y en las huellas de poste. Estos análisis se basan en que las diferentes actividades realizadas con frecuencia como comer, dormir, preparar alimentos y defecar producen desechos en forma de fluidos, que al ser derramados se encapsulan en los poros de los suelos y pueden ser detectados muchos años después de su abandono aplicando análisis químicos específicos (Barba y Lazos, 2000).

En la Figura 42 se presenta la disposición de las cuadrículas en las cuales se hizo la toma de muestras cuyo criterio fundamental fue el color, la compactación del suelo y sus nexos de

relación con evidencias de materiales lítico, semillas, carbón vegetal, huesos y huellas de poste cuya descripción se encuentra en la Tabla 18.

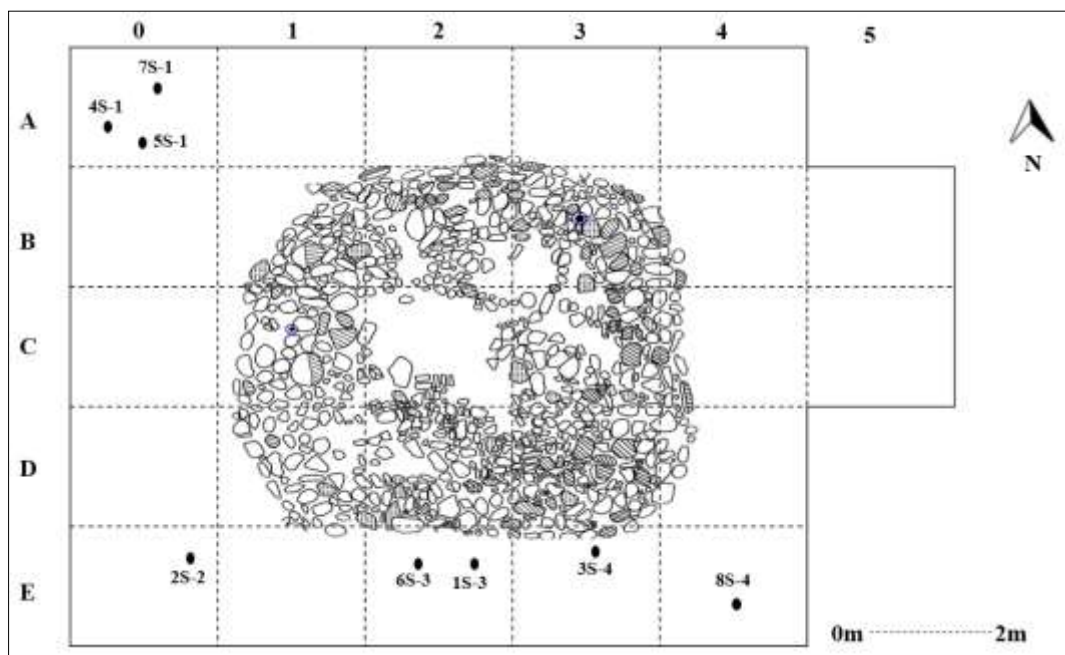


Figura 42. Ubicación de las muestras de suelo sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

Tabla 18. Descripción de las cuadrículas de las muestras de suelo sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

Código	Cuadrícula-nivel	Descripción
3S-4	E3-4	Suelo compacto de color pardo oscuro con poca presencia de material lítico, óseo y carbón vegetal. La muestra se tomó al lado de la pared de piedra que hace parte del círculo.
4S-1	A0-1	Suelo semi-compacto de color pardo donde aparecen tres huellas de poste (H 16, H 17 y H 20). Hay presencia de material lítico, óseo y semillas. La muestra se tomó junto a un área con alta presencia de huesos de animal (área 1).
1S-3 6S-3	E2-3	Suelo compacto de color pardo oscuro, con una gran cantidad de lítico distribuido en la parte medial y norte de la cuadrícula, acompañado de carbón vegetal con pocos restos óseos de origen animal. Las muestras se tomaron en las áreas donde se registró gran cantidad de lítico.
8S-4	E4-4	Suelo compacto de color pardo oscuro, con escaso material lítico y óseo de origen animal, acompañado de carbón vegetal. La muestra se tomó de una acumulación de tierra amarilla dura junto a restos óseo.

7S-1	A0-1	Suelo semi-compacto de color pardo donde aparecen tres huellas de poste (H16, H17 y H20). Hay presencia de material lítico, óseo y semillas. La muestra se tomó junto a la huella de poste 17.
2S-2	E0-2	Suelo semi-compacto de color pardo grisáceo con lítico distribuido en toda la cuadrícula acompañado de carbón vegetal y restos óseos de origen animal. La muestra se tomó en la esquina nororiental de la cuadrícula donde se observó mayor compactación del suelo.
5S-1	A0-1	Suelo semi-compacto de color pardo donde aparecen tres huellas de poste (H 16, H 17 y H 20). Hay presencia de material lítico, óseo y semillas. La muestra se tomó junto un área con alta presencia de hueso (área 2).

Los resultados de la identificación de los marcadores arqueológicos en los suelos del sitio prehistórico La Fe se muestran en la Tabla 19, para su interpretación química se requiere el apoyo fundamentalmente de investigaciones de tipo etnoarqueológico, que hayan analizado la relación entre los componentes químicos de los residuos arqueológicos (valores químicos obtenidos en las muestras de suelos) y su asociación con las actividades realizadas por las comunidades prehistóricas manifestadas en los suelos de ocupación o suelos residenciales.

Tabla 19. Resultados de pruebas semi-cuantitativas de suelos sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

Código	Residuos Protéicos	Residuos ácidos grasos	Carbonatos	Ph	Carbohidratos	Fosfatos
3S-4	Positivo	Positivo	0	6.02	3	Positivo
4S-1	Positivo	Positivo	0	5.35	5	Positivo
1S-3	Positivo	Positivo	0	5.9	4	Positivo
6S-3	Positivo	Positivo	0	5.81	3	Positivo
8S-4	Positivo	Positivo	0	5.12	1	Positivo
7S-1	Positivo	Positivo	0	5.29	5	Positivo
2S-2	Positivo	Positivo	0	5.06	2	Positivo
5S-1	Positivo	Positivo	0	4.92	2	Positivo

6.4.1 Análisis de áreas de actividad: residuos proteicos y ácidos grasos. En algunos estudios de arqueología los resultados positivos (presencia) de los residuos proteicos y ácidos grasos, han sido asociados a nivel etnoarqueológico con la posible manipulación de alimentos como carnes y sangre (proteínas), grasas y aceites (Obregón *et al.*, 2011; Barba, Rodríguez & Córdoba, 1991; Barba, 2007), adicionalmente, este tipo de residuos encontrados en suelos se pueden asociar a componentes de la materia orgánica, originados por la descomposición de la materia vegetal y animal (acción microbiana) (Porta, López y Roquero, 1999; Cepeda, 2002; Honorato, 2000).

En este contexto, en el sitio prehistórico de la Fe se encontraron resultados positivos para los residuos proteicos y ácidos grasos (Tabla 19, Figura 43 y Figura 44), que pueden estar asociados al consumo y procesamiento de alimentos con alto grado de proteínas y ácidos grasos, a juzgar por la gran presencia de restos óseos animales y semillas, que corroboran las apreciaciones etnoarqueológicas mencionadas anteriormente.

6.4.2 Análisis de áreas de actividad: determinación de carbonatos y pH. Dentro de los carbonatos, el carbonato de calcio es el mineral más común presente en el subsuelo derivado de material parental calcáreo o como producto de su lavado y acumulación, es por esto, que en suelos tropicales húmedos es muy raro encontrar calcita, a menos que provenga de calizas. En relación al pH, la acidez y basicidad en suelos puede originarse a partir de los grupos ácidos de minerales arcillosos, grupos ácidos de la materia orgánica o por algunas sustancias que al reaccionar con el agua liberar iones hidroxilo (Fassbender, 1975). Además, la mayoría de estudios etnoarqueológicos asocian los valores ácidos de pH en los suelos de vivienda con el consumo y procesamiento de alimento, adicionalmente sugieren que la ausencia de carbonatos

junto con la acidez de estos suelos, se encuentran relacionados con la carencia de prácticas de quemado o fogones donde no se produce ceniza que pueda enriquecer al suelo con diversas sustancias alcalinas (básicas) (Barba y Lazos, 2000; Barba *et al.*, 2013).

Ahora bien, la ausencia de carbonatos y una tendencia moderadamente ácida del pH de las muestra de suelos de La Fe (Tabla 19), indican desde el punto de vista arqueológico la falta de prácticas de quemado o fogones, no obstante, el registro arqueológico de La Fe, muestra la existencia de carbón vegetal distribuido en toda el área de estudio atribuido a las posibles prácticas de quemado (quemadas naturales o antrópicas) con fuentes de calentamiento lejanas del asentamiento que no representaron cambios significativos en estos parámetros.

6.4.3 Análisis de áreas de actividad: carbohidratos. Trabajos arqueológicos anteriores que han utilizado este parámetro para definir áreas de actividad, han reportado que el enriquecimiento de los suelos de vivienda con marcadores arqueológicos como carbohidratos son derivados posiblemente de tubérculos, harinas y bebidas fermentadas, también, podría pensarse en la alteración de estos resultados por parte de la acción bacteriana de los suelos tropicales andinos ricos en humedad y materia orgánica (Obregón *et al.*, 2011, Barba *et al.*, 1991). Para el caso de la Fe la determinación de carbohidratos (Figura 45 y Tabla 19), se obtuvo un resultado positivo y variado en todas las cuadrículas analizadas, relacionado con la posible manipulación de alimentos ricos en azúcares.

6.4.4 Análisis de áreas de actividad: fosfatos. Investigaciones arqueológicas han interpretado el resultado positivo en la determinación de fosfatos (PO_4^{-3}) como producto de las

actividades humanas que redistribuyen el fósforo contenido en huesos y restos vegetales en los suelos correlacionados con actividades destinadas al consumo y procesamiento de alimentos (Barba *et al.*, 1991; King, 2008). Es importante resaltar que existen actividades modernas que involucran tierras de cultivo fertilizadas, establos, pastizales, compostaje, almacenamiento y depósitos de desechos orgánico, que alteran la concentración de los fosfatos y por tanto su interpretación arqueológica (King, 2008).

Para el caso de las muestras de suelos arqueológicos del sitio La Fe, los resultados positivos de fosfatos exhibidos en la Tabla 19 y Figura 46 permitieron inferir que en el sitio de asentamiento se llevaron a cabo actividades relacionadas con el consumo y procesamiento de alimentos dejando como evidencia la gran presencia de restos óseos animales, que concuerdan con las apreciaciones etnoarqueológicas mencionadas anteriormente.

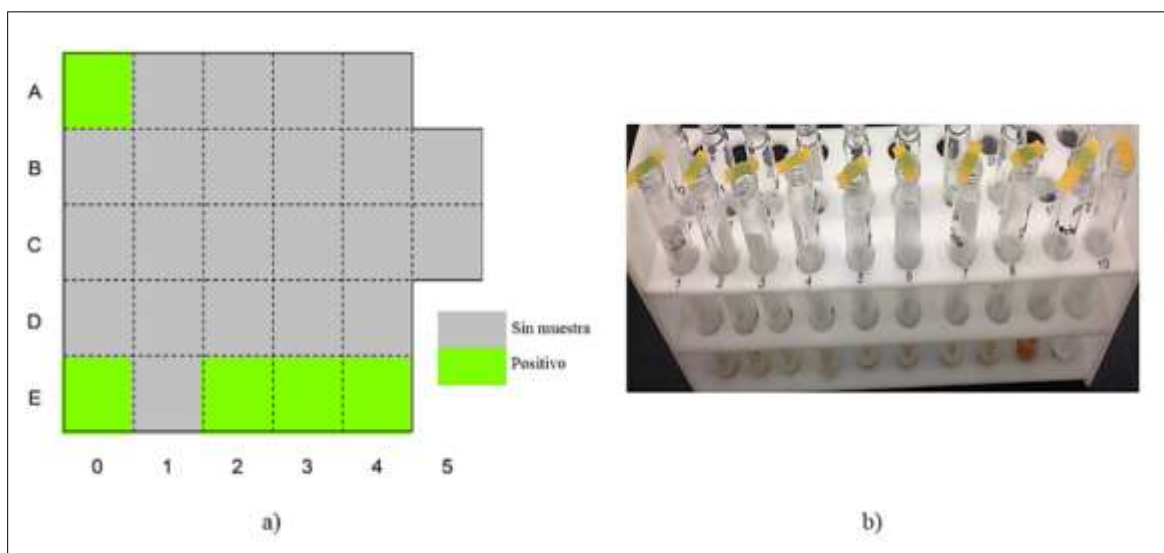


Figura 43. Residuos proteicos sitio prehistórico La Fe, nororiental colombiano. a) Distribución. b) Determinación cualitativa.

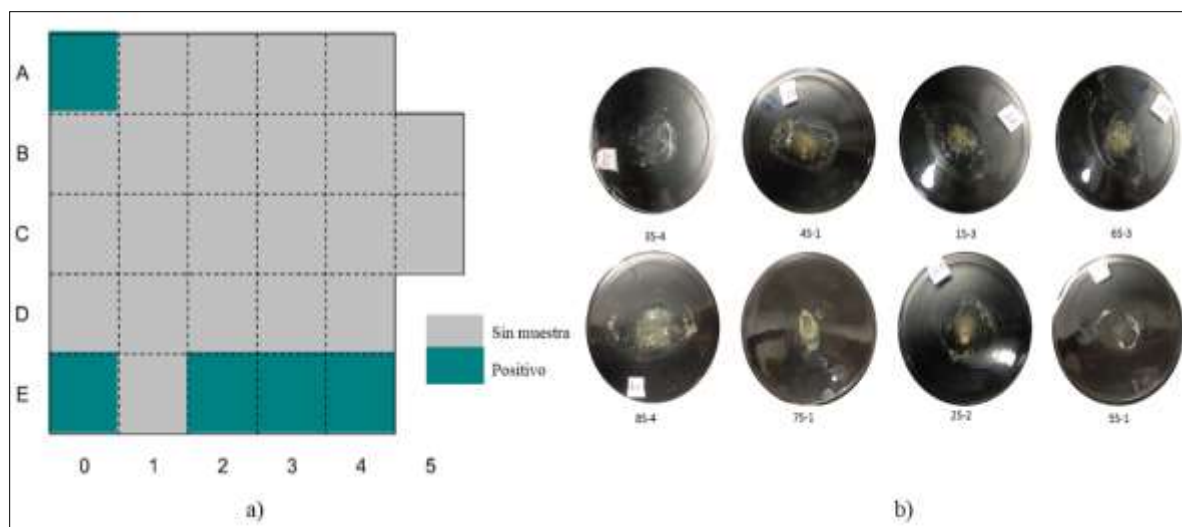


Figura 44. Residuos de ácidos grasos sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano. a) Distribución. b) Determinación cualitativa.

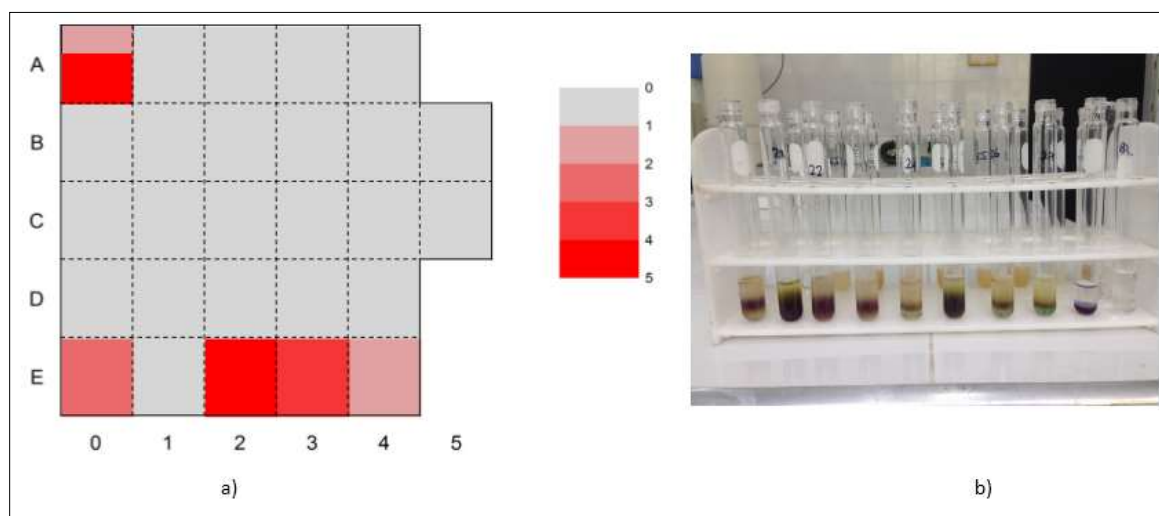


Figura 45. Carbohidratos sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano. a) Distribución. b) Determinación cualitativa.

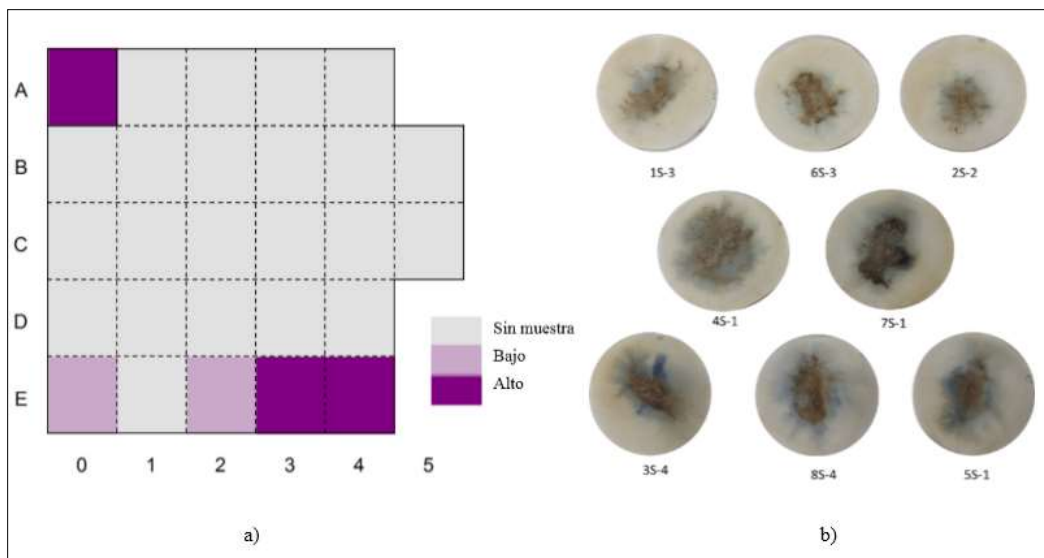


Figura 46. Fosfatos sitio prehistórico La Fe, nororiental colombiano. a) Distribución. b) Determinación cualitativa.

Las apreciaciones semi-cuantitativas de los marcadores arqueológicos de fosfatos y carbonatos detectados en las muestras de suelo de vivienda del sitio La Fe, se comprobaron con los análisis de los difractogramas de las muestras de suelo (Apéndice F), en donde fue posible detectar cualitativamente la presencia de fases minerales asociadas a fosfatos en forma de fluorapatita y la ausencia de minerales carbonatados. Los resultados cualitativos de la composición mineralógica mediante DRX (Figura 47) expresaron que las muestras de suelo están compuestas mayoritariamente por cuarzo (Qz), además de otros minerales habituales como la caolinita (K), la illita (I) y la montmorillonita (Mo) pertenecientes al grupo de las arcillas, la moscovita (Mu) representante del grupo de las micas y los feldespatos como la microclina (Mi) y la ortoclasa (O).

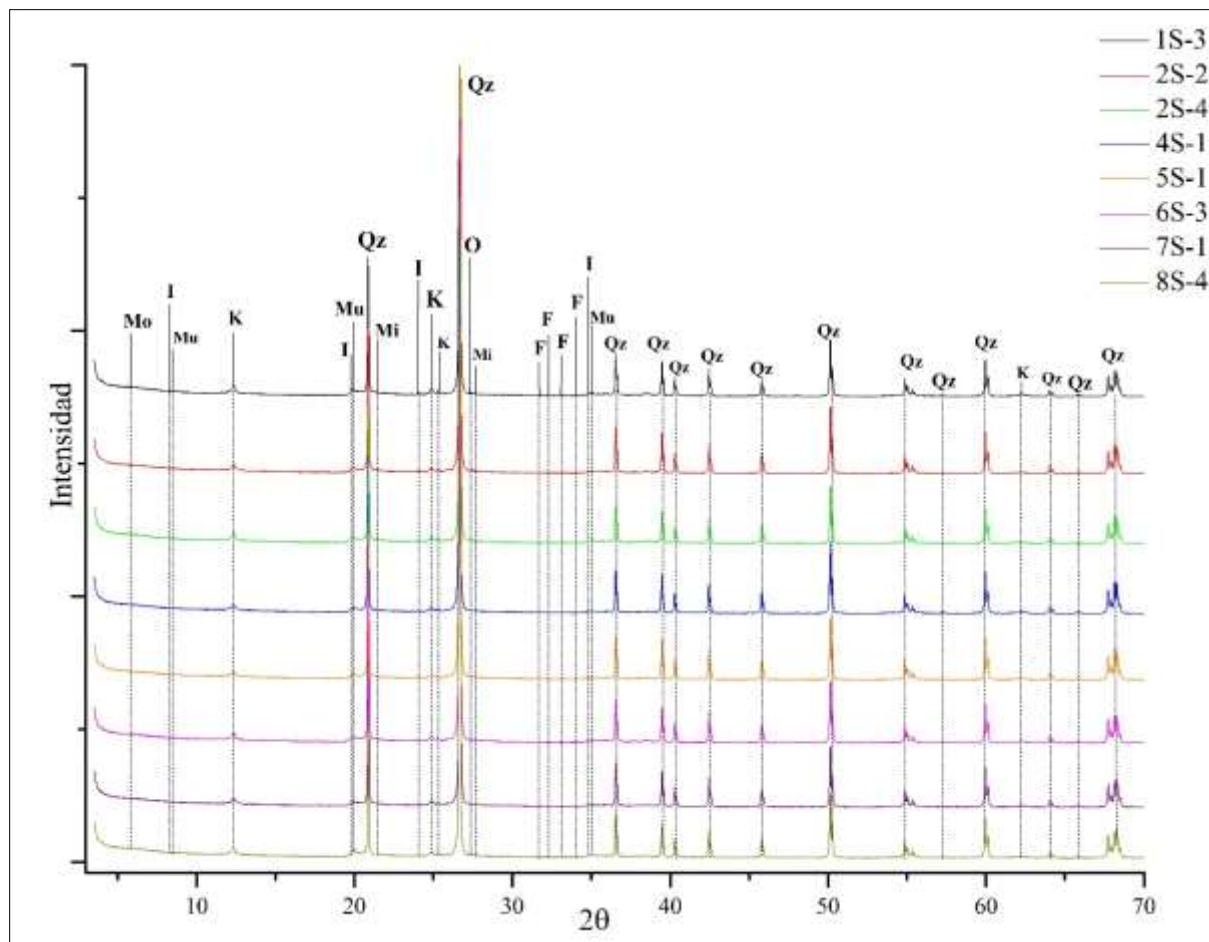


Figura 47. Difractogramas de las muestras de suelo sitio prehistórico La Fe, nororiental colombiano. Se indican los principales picos correspondientes a las fases mineralógicas identificadas, Cuarzo (Qz), Caolinita (K), Moscovita (Mu), Illita (I), Microclina (Mi), Fluorapatita (F), Montmorillonita (Mo).

Para el estudio de las áreas de actividad desde el punto de vista químico y arqueológico, es importante tomar en cuenta la identificación de los diferentes parámetros químicos estudiados y su asociación con los materiales culturales hallados, que se encargan de dar testimonio de las actividades de subsistencia que se llevaron a cabo en el asentamiento. En el sitio prehistórico La Fe, este tipo de material comprendió semillas, huesos y fundamentalmente artefactos líticos distribuidos principalmente en las zonas que rodean al círculo de piedra, para el caso del material lítico (Figura 48 y Figura 49), se encontraron un total de 609 artefactos representados principalmente por navajas, núcleos, placa natural, raederas, cuchillos, placas, bases, alisadores,

yunques y detritus, además de otras herramientas líticas en menor proporción, que fueron elementos claves en la descripción de las actividades realizadas por esta comunidad, como lo son los punzones, las cuñas, el molino y la mano de moler.

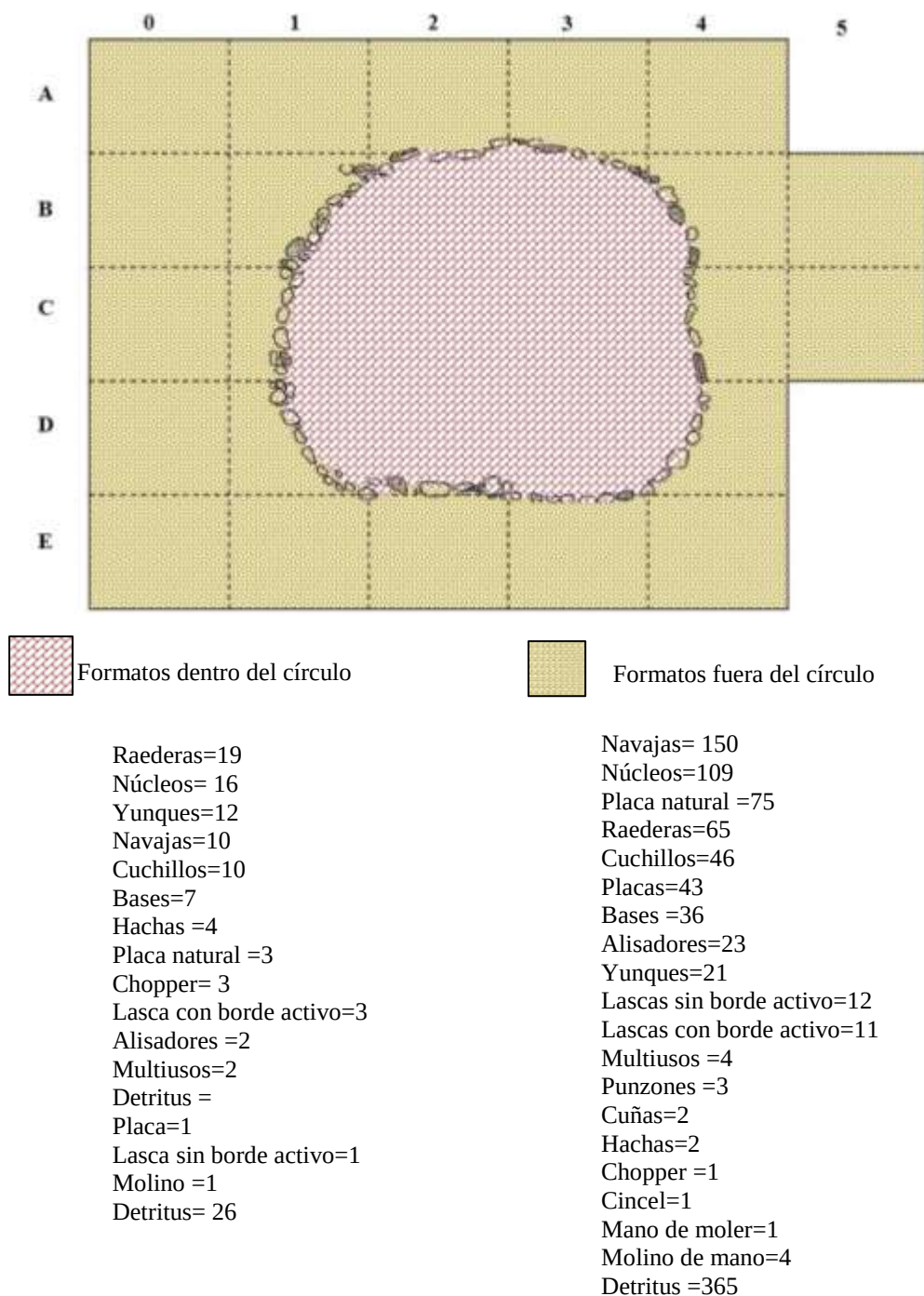


Figura 48. Distribución de material lítico dentro y fuera del círculo de piedra sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

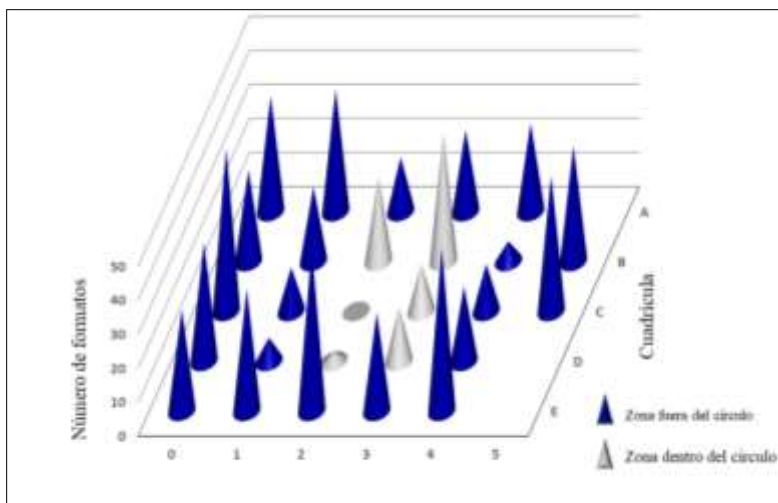


Figura 49. Cantidad de material lítico distribuido dentro y fuera del círculo de piedra por cuadrícula en el corte I sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

Ahora bien, basándonos exclusivamente en la distribución del material lítico, se propone que el área en estudio podría haber sido destinada para realizar actividades relacionadas con las diversas etapas de producción lítica, en donde se llevaron a cabo procesos de fabricación de herramientas útiles para la caza, la pesca y la recolección, denominada así como área de confección de artefactos. Algunos detalles que podrían hacer parte de la descripción ampliada de esta área, es que el sector dentro del círculo de piedra, probablemente se haya utilizado como zona de circulación en los planos de interacción social y en menor proporción para realizar diferentes tareas de manufactura lítica, es por esto que se observa una disminución en la cantidad de artefactos encontrados allí ($N=94$), esta afirmación se respalda con el aumento del material lítico hallado fuera del círculo de piedra, en especial los núcleos ($N=109$), las placas naturales ($N=75$) y las bases ($N=36$) utilizados como bloque de materia prima sobre los que se tallaba intencionalmente buscando obtener diversos productos, y la cantidad de detritus ($N=365$) encontrados como pequeños desechos líticos producidos durante la talla de esta materia prima.

El análisis de la distribución del material lítico destinado para las acciones de cortar, raer, trozar, macerar y golpear vinculadas a las prácticas de deshuesado animal y molienda de semilla y raíces, junto con la determinación de pH y los resultados positivos de los marcadores arqueológicos en suelos como fosfatos, residuos proteicos, residuos de ácidos grasos y carbohidratos mencionados anteriormente, permitieron inferir una segunda área de actividad conocida como área de procesamiento y consumo de alimentos.

En síntesis, recopilando la información anterior es posible deducir que en el corte I (Figura 4), los pobladores del sitio La Fe destinaron el área dentro del círculo de piedra como zona de circulación, y fuera de ésta, realizaron dos actividades domésticas simultáneas como la confección de formatos líticos y el procesamiento-consumo de alimentos, así como se muestra en la siguiente figura (Figura 50).

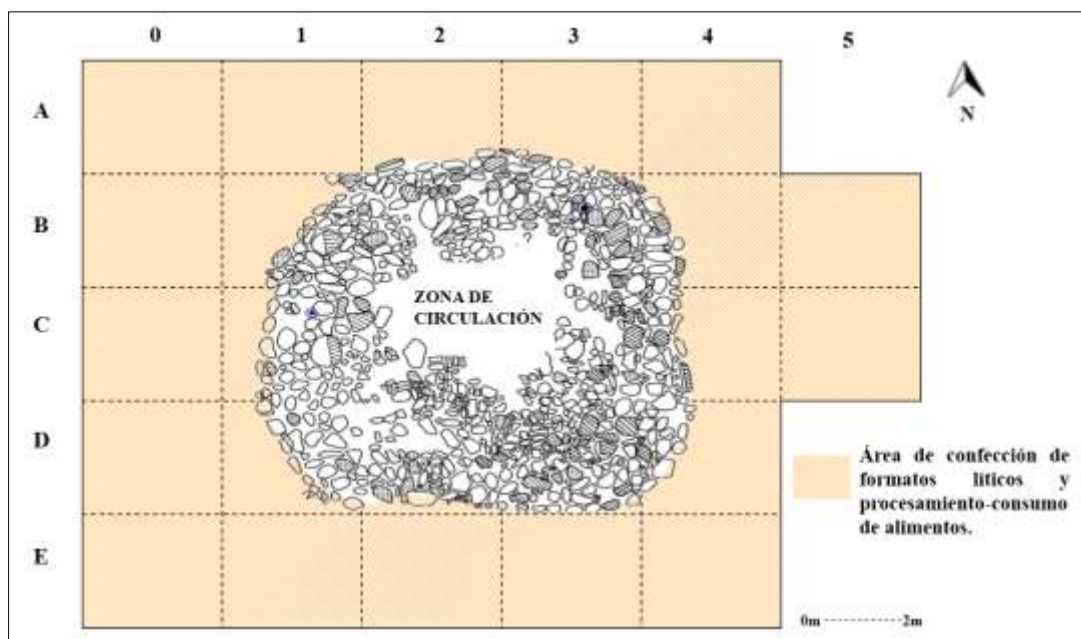


Figura 50. Distribución de áreas de actividad sitio prehistórico La Fe, nororiente colombiano.

6.5 Análisis superficial por microscopía electrónica de barrido (SEM)

En el análisis realizado mediante microscopía electrónica de barrido, se evaluaron composicionalmente las características superficiales como las ondas de fractura que se observaron en la pieza lítica 552F-2 que representa una navaja fabricada en chert negro (Figura 51).

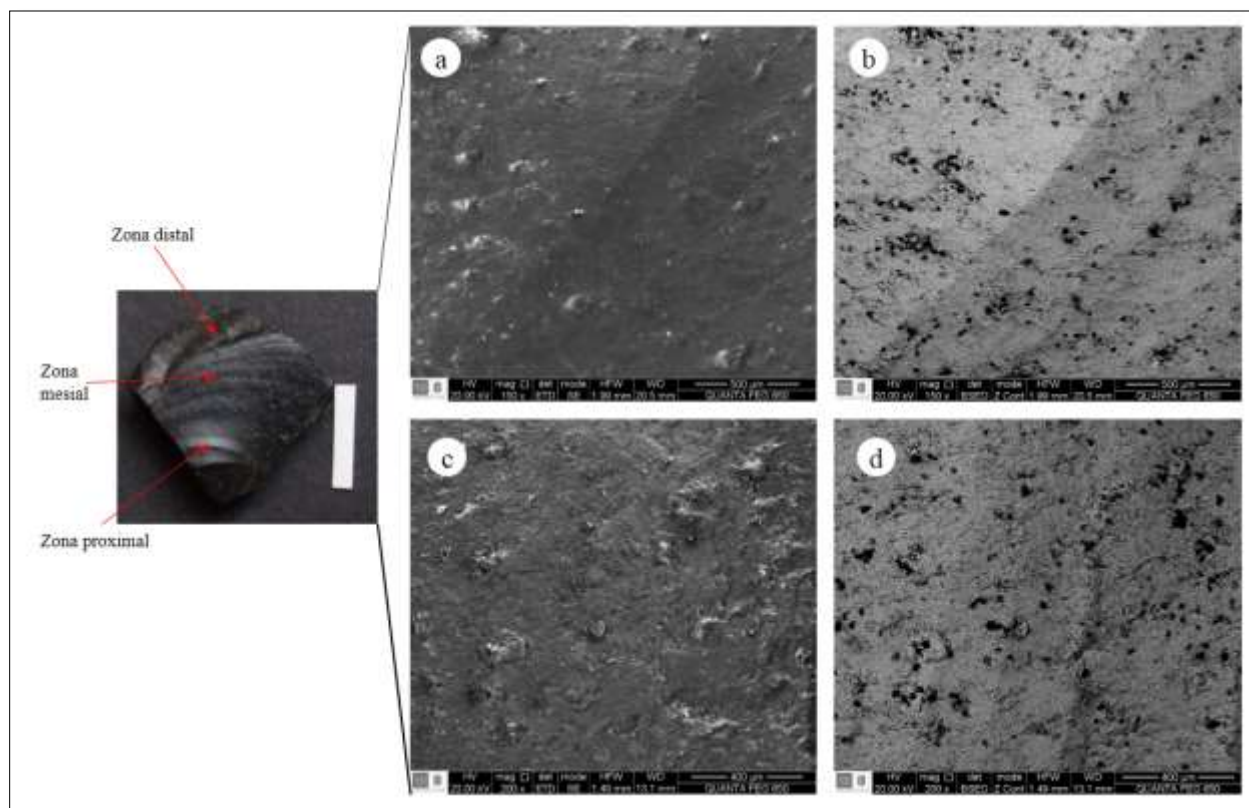


Figura 51. SEM de la pieza lítica 552F-2. (a) (b) Imagen SE y BSE respectivamente tomada en la zona distal de la navaja. (c) (d) Imagen SE y BSE respectivamente tomada en la zona mesial de la navaja. Adaptado de Laboratorio de Espectroscopia. Sede Guatiguará. Universidad Industrial de Santander.

En algunos trabajos, los análisis de difracción de rayos-X de polvo de rocas tipo chert, generalmente muestran un predominio del cuarzo y en menores proporciones otras fases minerales del grupo de las arcillas, sulfuros y carbonatos (Barros y Messineo, 2004). Este tipo de

roca también puede contener impurezas que le otorgan propiedades físicas particulares como su color, en el caso del chert negro, su color se atribuye principalmente a su contenido de materia orgánica (Stow, 2005). Los artefactos líticos fabricados en chert negro provenientes del sitio prehistórico La Fe, como ya se ha mencionado, principalmente son navajas, que en su mayoría presentan ondas de fractura como se observa en la Figura 51. En este sentido, los resultados obtenidos de la composición elemental en la zona distal de la navaja 552F-2 mediante el análisis EDS puntual, antes y después de la onda de fractura, así como el análisis de perfil que comprendió la región antes, durante y después de la onda de fractura situada sobre la zona distal de la navaja (Figura 52 y Figura 53), en general, mostraron una distribución elemental homogénea de silicio y oxígeno, elementos que conforman la fase mineralógica de cuarzo (SiO_2) y de carbono asociado a la materia orgánica. Además se observó la presencia de otros elementos en menor proporción como el hierro, el magnesio, el potasio y el aluminio, asociados posiblemente a diversas fases minerales identificadas mediante la difracción de rayos-X para este tipo de rocas como pirita (FeS_2), microclina ($\text{K(AlSi}_3\text{O}_8)$), moscovita ($(\text{H,K})(\text{Al Si O}_4)$), ilita ($\text{K,Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$) y sodalita ($\text{Na}_8\text{Mg}_3\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{OH})_2$) (Tabla 13).

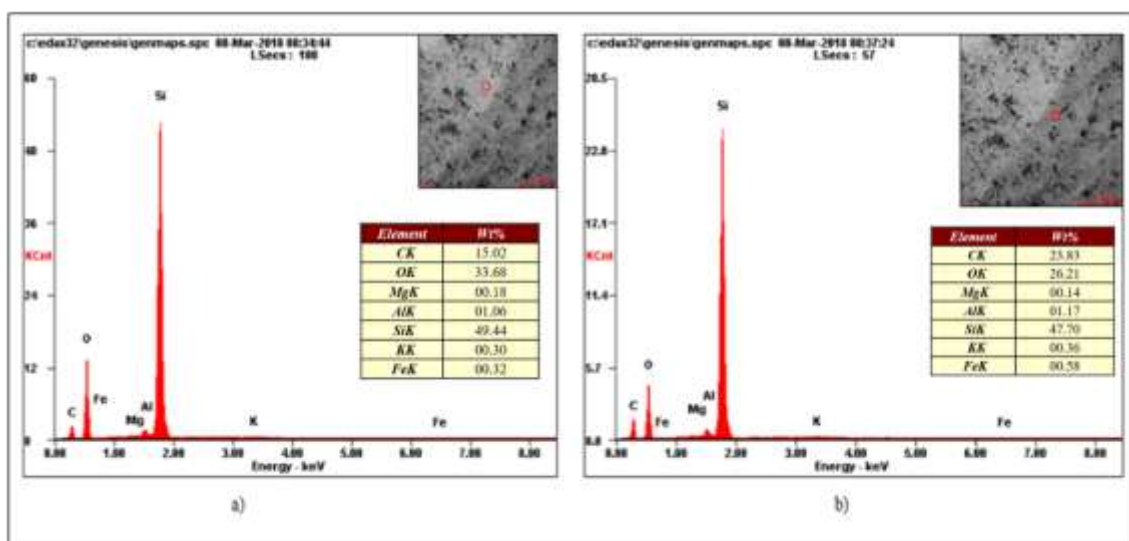


Figura 52. Análisis puntual EDS de la pieza lítica 552F-2. Imagen tomada en la zona distal de la navaja. a) Antes de la onda de percusión. b) Después de la onda de percusión. Adaptado de Laboratorio de Espectroscopia. Sede Guatiguará. Universidad Industrial de Santander.

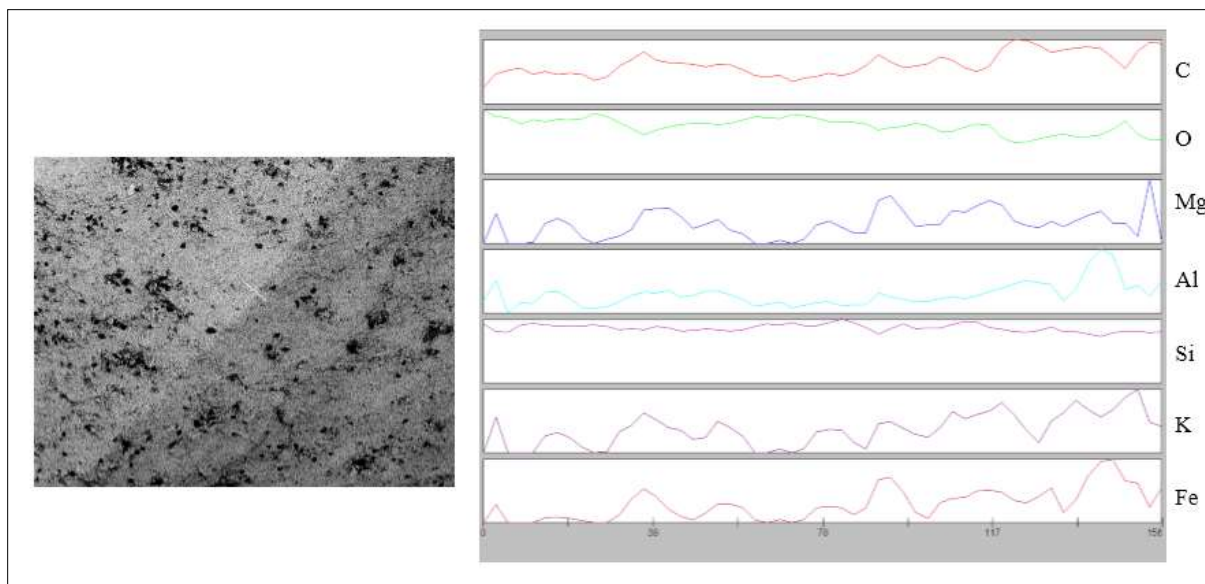


Figura 53. Análisis de perfil EDS de la pieza lítica 552F-2. Imágenes tomadas en la zona distal de la navaja antes y después de las ondas de fractura. Adaptado de Laboratorio de Espectroscopia. Sede Guatiguará. Universidad Industrial de Santander.

En la zona mesial de la misma muestra, el análisis de la composición elemental puntual (Figura 54) mostró la presencia constante de los elementos silicio y oxígeno asociados a la fase mineral cuarzo (SiO_2) y de carbono a la materia orgánica, así como ciertas variaciones en cuanto a los elementos potasio, hierro y magnesio confirmada con el análisis de perfil realizado antes, durante y después de las ondas de fractura, donde también se pudo apreciar otros elementos como el azufre, el cloro y el calcio asociados posiblemente a diversas fases minerales identificadas mediante la difracción de rayos X para este tipo de roca como piritita (FeS_2), sodalita ($\text{Na}_8 \text{Mg}_3 \text{Si}_9 \text{O}_{24} (\text{OH})_2$) y calcita (CaCO_3) (Tabla 13).

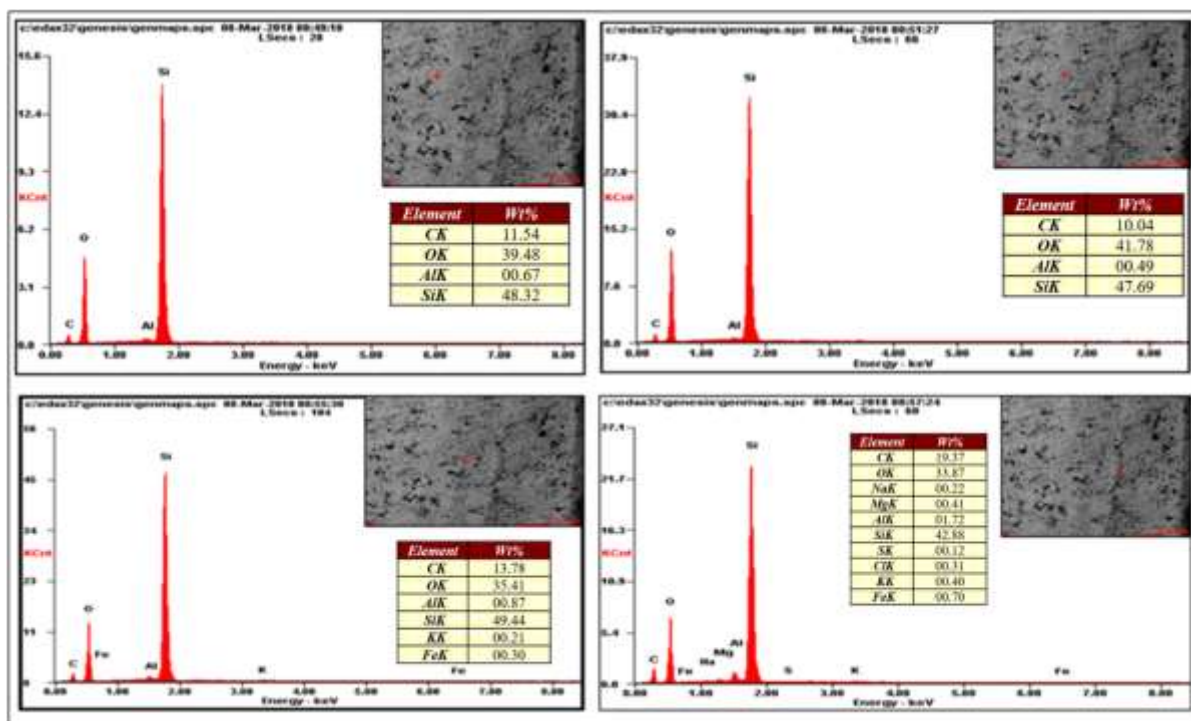


Figura 54. Análisis puntual EDS de la pieza lítica 552F-2. Imágenes tomadas en la zona mesial de la navaja antes y después de las ondas de fractura. Adaptado de Laboratorio de Espectroscopia. Sede Guatiguará. Universidad Industrial de Santander.

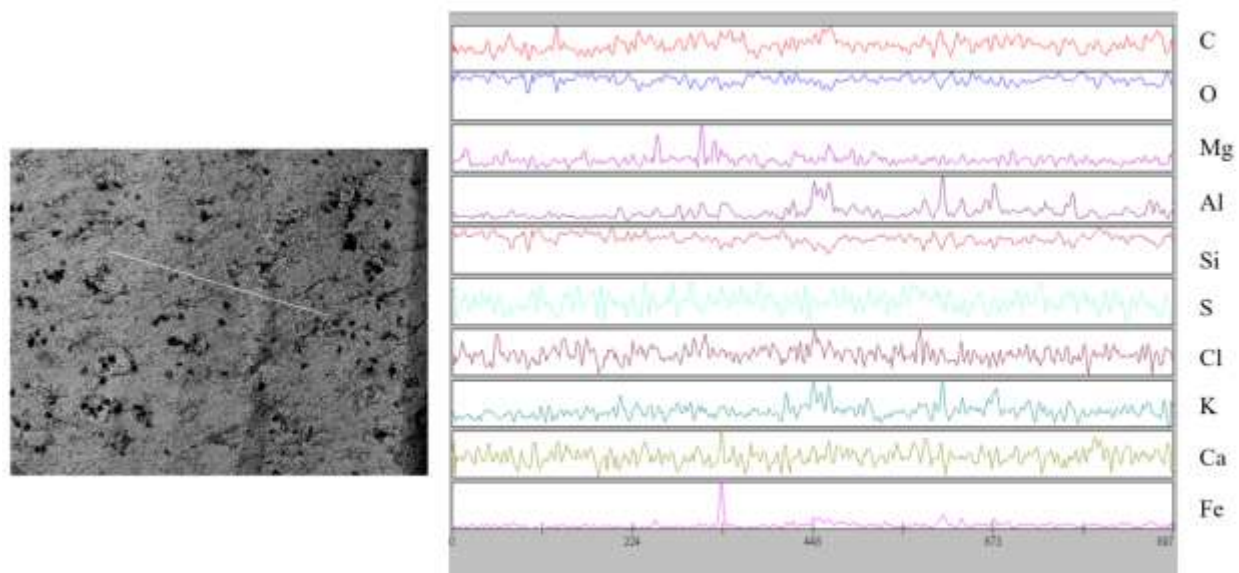


Figura 55. Análisis de perfil EDS de la pieza lítica 552F-2. Imágenes tomadas en la zona mesial de la navaja antes durante y después de las ondas de fractura. Adaptado de Laboratorio de Espectroscopia. Sede Guatiguará. Universidad Industrial de Santander.

Como se ha documentado en algunas investigaciones acerca de las propiedades de este tipo de roca, al golpear un bloque de este material de textura homogénea con un yunque o percutor de piedra, se desprenden lascas según el ángulo de incidencia, su masa, la fuerza y el tiempo aplicado. Si el ángulo de impacto es de noventa grados, eventualmente la fractura debe ser conoidea, debido a la transmisión en círculos, cada vez más abiertos, de las ondas de percusión que nacen en el punto de impacto y se propagan a través de la red cristalina generando la apariencia ondulada que este material exhibe (Merino, 1994; Vos, Vandenberghe & Elsen, 2014). Apoyados en las investigaciones acerca de las propiedades del chert relacionada con la fractura mencionadas anteriormente y en los resultados obtenidos de la composición elemental del análisis EDS, se puede inferir que las ondas de fractura observadas en las navajas fabricadas en rocas tipo chert negro provenientes del sitio La Fe, no se encuentran relacionadas con cambios en la composición elemental, sino con el ángulo de impacto de 90° aplicado en la técnica de percusión durante la talla de la pieza lítica.

7. Conclusiones

Como se ha planteado a lo largo de esta investigación, la gestión de recursos minerales, las estrategias de subsistencia, la tecnología lítica y las herramientas integran el conjunto de estrategias organizativas de las comunidades cazadoras- recolectoras que condicionan su

actuación sobre los recursos minerales disponibles en el territorio que ocupan, generando una especificidad de actuación socioeconómica que queda reflejada en las distintas estrategias diseñadas y practicadas en la gestión de los mismos, involucrando el aprovisionamiento de materias prima su localización e identificación, el proceso de manufactura y las actividades productivas en las cuales se integran los instrumentos líticos, se puede considerar que:

El aprovechamiento y la gestión de recursos líticos por las comunidades que habitaron el sitio prehistórico La Fe, estuvo enfocado en la explotación de diferentes tipos de rocas en función de la cantidad de materia prima disponible, la distancia y la facilidad de obtención, en donde se observó una clara intencionalidad en gestionar principalmente el chert, aspecto evidenciado en la presencia significativa de artefactos fabricados en este tipo de roca (32%), seguido de las areniscas y las calizas con porcentajes similares de 28% y 27% respectivamente y en menor preeminencia las lutitas con un 13% (Figura 23). Esta generalización, se apoya por la gran variedad de herramientas fabricadas en cada tipo de recurso mineral explotado por las comunidades registrado en Tabla 10.

La clasificación lítica realizada por el arqueólogo Leonardo Moreno (Tabla 9) permite pensar que la variabilidad artefactual manifestada en las 8 morfología identificadas (Figura 24), indica una diversidad de tareas destinadas al tratamiento de recursos animales y vegetales como cortar, raspar, desbastar, pulir y golpear, reafirmando la idea de que en el periodo Arcaico (7.500 A.P – 3.500 A.P) el sitio prehistórico La Fe estuvo habitado por comunidades cazadoras-recolectoras.

Según las apreciaciones arqueológicas, las cadenas operativas representadas en diferentes etapas, permitieron establecer la inversión de energía por parte de las comunidades cazadoras-recolectoras de La Fe en la fabricación de los artefactos líticos donde la elaboración de los formatos como yunques, alisadores, placas, manos de moler, molino de mano, bases y núcleos siguieron una cadena operativa sencilla con gastos de energía mínimos y la obtención de herramientas como navajas, cuchillos, raederas, lascas, hachas, choppers, punzones, cinceles y cuñas comprendió las etapas de una cadena operativa completa en la que fue necesario una mayor inversión de energía.

La distribución estratigráfica de los formatos en los cinco niveles de ocupación (Tabla 11), indicó que la máxima actividad de las comunidades cazadoras-recolectoras se registró en el nivel 3 con una cantidad de formatos de $N=234$ (Figura 25).

El análisis hecho desde la perspectiva arqueológica del estudio artefactual, reveló la existencia de dos industrias líticas representada en la Tabla 12, la industria micro-lítica caracterizada por artefactos fabricados principalmente en chert como navajas y cuchillos destinados a actividades de corte y la industria macro-lítica conformada por artefactos empleados en el tratamiento de recursos vegetales fabricados en arenisca como yunques, raederas, choppers, alisadores, hachas y en caliza como placas; en el caso de las lutitas no fue posible clasificarlas ya que las características de sus formatos no mostraron preferencia hacia un solo tipo de industria.

Las muestras analizadas (Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6) por el método de difracción de rayos X de polvo junto con el software DIFFRACT.EVA y el método de Rietveld, permitieron encontrar un conjunto de todos los máximos de difracción (Figura 26, Figura 29, Figura 32, Figura 36 y Figura 40), que constituyen una huella de identificación para cada una de las fases minerales presentes en las muestras estudiadas, determinando al cuarzo como componente principal en las rocas tipo chert, lutita y areniscas (Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 17), esta misma apreciación se observó en las muestras tipo calizas del sitio arqueológico, donde la calcita representó la fase mineral característica de este tipo de recurso mineral (Tabla 16).

A partir de la valoración de los suelos de ocupación, el análisis de los marcadores arqueológicos en las muestras de suelo mediante pruebas químicas semi-cuantitativas y cualitativas (Tabla 19 y Figura 47) y la distribución espacial de los formatos líticos (Figura 48), se determinó que los pobladores del sitio La Fe destinaron el área dentro del círculo de piedra como zona de circulación, y fuera de ésta, realizaron dos actividades domésticas simultáneas como la confección de formatos líticos y el procesamiento-consumo de alimentos (Figura 50).

Partiendo del estudio EDS realizado sobre las ondas de fractura de la navaja fabricada en chert negro (Figura 52, Figura 53, Figura 54 y Figura 55), fue posible establecer que las ondas de fractura observadas en las navajas fabricadas en rocas tipo chert negro, no están relacionadas con cambios en la composición elemental, sino con el ángulo de impacto de 90° aplicado en la técnica de percusión durante la talla de la pieza lítica, donde las ondas de presión se propagan a través de la red cristalina generando la apariencia ondulada que este material exhibe.

Los atributos físicos de las piezas líticas analizadas, la distancia lineal medida desde el asentamiento a los afloramientos (Figura 28, Figura 31, Figura 34, Figura 37 y Figura 41) la composición mineral cualitativa y cuantitativa del material lítico analizado por DRX (Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 17), fueron aspectos relevantes y necesarios en el estudio de la gestión de los recursos líticos de las comunidades que habitaron el sitio prehistórico La Fe. Esta información se relacionó con la disponibilidad y la distribución de las materias primas en el paisaje de la región El Tablazo, en donde se observó una clara preeminencia por la explotación y manufactura del chert, caliza y arenisca provenientes de fuentes de materia prima local y directa, asociada al esfuerzo mínimo invertido en su obtención que se ve reflejado en la alta frecuencia de extracción y uso de estas materias primas, mientras que el recurso lítico lutita representó un aprovisionamiento regional y por lo tanto, un alto costo energético en su transporte y formatización evidenciado en los formatos de uso planificado como núcleos y navajas, permitiendo inferir que las comunidades cazadoras- recolectoras tuvieron un claro conocimiento del espacio territorial y de las estrategias de adquisición implementadas en el contexto de la gestión de los recursos lítico

8. Recomendaciones

Se recomienda aplicar la técnica de fluorescencia de rayos-X en el análisis de procedencia de material lítico como herramienta complementaria y confirmatoria de los elementos que componen las fases mineralógicas determinadas mediante la difracción de rayos-X.

Respecto a las determinaciones de áreas de actividad mediante análisis de suelos, se sugiere realizar un muestreo más amplio y representativo a través de cada una de las cuadrículas excavada que permita observar con mayor precisión el comportamiento de los marcadores arqueológicos en el sitio de asentamiento, adicionalmente, se recomienda tomar una muestra de suelo sin alteraciones antrópicas, es decir, fuera del sitio de residencia. Así mismo, es necesario tener conocimientos previos acerca de las actividades antrópicas actuales llevadas a cabo en este lugar.

Se propone el uso de técnicas analíticas que determinen con mayor precisión la presencia y origen de los marcadores arqueológicos como colorimetría, absorción atómica y cromatografía, ya que las técnicas cualitativas empleadas no permitieron observar pequeñas diferencias de concentración.

Respecto a la determinación de la procedencia de la materia prima en rocas tipo caliza es necesario seguir explorando los diversos afloramientos que contiene esta roca cerca al sitio de asentamiento documentados en estudios geológicos realizados en la zona.

Referencias Bibliográficas

- Aceituno, F. y Rojas, S. (2012). Del paleoíndio al formativo: 10000 años para la historia de la tecnología lítica en Colombia. *Boletín de antropología Universidad de Antioquia*, 26(43). 124-153. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55723950006>>
- Acevedo, B. (2014). Geoarqueología: interpretaciones interdisciplinarias para la investigación arqueológica. *Revista Geológica de América Central*, (30), 123-131. doi: 10.15517/rgac.v0i0.16574.
- Acevedo, N. (2014). *Determinación de jade y su posible fuente, como material utilizado en la elaboración de artefactos en las culturas Nahuange y Tairona, Santa Marta, Colombia*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Antioquia.
- Águila, G. (2005). *Estudios lingüísticos y glosario de los términos especializados de la arqueología*. (Tesis doctoral). Universidad de Granada. Granada, España.
- Alcayde, M. (s.f). *Conceptos básicos. Tecnología y tipología líticas*. Historia-vcentenario wikispaces. Recuperado de: <https://historia-vcentenario.wikispaces.com/file/detail/Glosario+de+tipolog%C3%ADa+l%C3%ADtica.pdf>
- Aragón, E. y Franco, N. (1997). Características de rocas para la talla por percusión y propiedades petrográficas. *Anales del Instituto de patasgonia*, 25, 187-199. Recuperado de

- [http://www.bibliotecadigital.umag.cl/bitstream/handle/20.500.11893/1498/Aragon_Anale
s_1997_vol25_pp187-199.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.bibliotecadigital.umag.cl/bitstream/handle/20.500.11893/1498/Aragon_Anale
s_1997_vol25_pp187-199.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Barba, L. (2007). Chemical Residues in Lime-Plastered Archaeological Floors. *Geoarcheology: An International Journal*, 22(4), 439-452. Doi: 10.1002/gea.20160
- Barba, L., & Lazos, L. (2000). Chemical analysis of floors for the identification of activity áreas: a review. *Antropología y Técnica*, 6, 59-70. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/284049043_Chemical_analysis_of_floors_for_the_identification_of_activity_areas_A_review
- Barba, L., Ortiz, A., Link, K., López, L. & Lazos, L. (1996). Chemical analysis of residues in floors and the reconstruction of ritual activities at the Templo Mayor, Mexico. *American Chemical Society*, 625, 139-156. Doi: 10.1021/bk-1996-0625.ch012
- Barba, L., Ortiz, A. y Pecci, A. (2013). Los residuos químicos. Indicadores arqueológicos para entender la producción, preparación, consumo y almacenamiento de alimentos en Mesoamérica. *Anales de Antropología*, 48(1), 201-239. doi: 10.1016/S0185-1225(14)70495-3
- Barba L., Rodríguez, R. y Córdoba, J. (1991) *Manual de Técnicas Microquímicas de Campo para la Arqueología*. México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Cuadernos de Investigación, México.
- Barros, M. P. y Messineo, P.G. (2004). Identificación y aprovisionamiento de ftanita o chert en la cuenca superior del Arroyo Tapalqué (Olavarría, provincia de Buenos Aires, Argentina). *Estudios Atacameños*, (28), 87-103. doi: 10.4067/S0718-10432004002800008

- Caley, E. (1967). The Early History of Chemistry in the Service of Archaeology. *Journal of Chemical Education*, 44(3), 120-123. doi: 10.1021/ed044p120
- Carmel Engineering College. (s.f). *Relationship of Prehistoric Archaeology with Allied Sciences – Geology, Palaeontology, Geography, Physics and Chemistry*. Kerala, India.: CEC-Repository of Multimedia Educational. Recuperado de http://content.inflibnet.ac.in/data-server/eacharya-documents/5717528c8ae36ce69_422587d_INFIEP_304/83/ET/304-83-ET-V1-S1__file1.pdf.
- Cepeda, J. (2002). *Química de suelos*. Ciudad de México. México: Trillas S.A
- Cifuentes, A. (1989). Reseña de un sitio arqueológico en La Mesa de Los Santos, Santander. *Boletín de arqueología*. 4(2). 33-40. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/267296892_RESENA_DE_UN_SITIO_ARQUEOLOGICO_EN_LA_MESA_DE_LOS_SANTOS_Santander
- Choque, O., Casseb, E. y Pöllmann, H. (2014). Cuantificación de fases por el Método de Rietveld en los productos de beneficio de cobre de la mina de Sossego, Carajás, Brasil. *Revistas metalúrgica*, (35), 3-12. Recuperado de http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rmuto/n35/n35_a01.pdf
- Delgado, B. (2008). *Reacciones de los carbohidratos*. Antioquia, Colombia.: Universidad de Antioquia. Recuperado de http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/pluginfile.php/45190/mod_resource/content/0/REACCIONES_DE_LOS_CARBOHIDRATOS-2008.pdf
- Departamento de Ciencias Químicas. (s.f). *Microscopia Electrónica de Barrido con detector EDS (SEM-EDS)*. Santiago de Chile, Chile: Universidad Andrés Bello. Recuperado de

- <http://quimica.unab.cl/laboratorio-de-analisis-de-solidos-las/informacion/fundamentos-teoricos/microscopia-electronica-de-barrido-con-detector-eds-sem-eds/>
- Dunnell, R., & Hunt, T. (1990). Elemental composition and inference of ceramic vessel function. *Current Anthropology*, 31 (3). 330-336. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2743636>
- Domokos, G; Jerolmack, D; Sipos, A & Török, Á. (2014). How river rocks round resolving the shape-size paradox. *PLOS ONE*. 9(2). 1-7. doi 10.1371/journal.pone.0088657
- Evershed, R. P. (2008). Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution. *Archaeometry*, 50 (6), 895-924. doi: 10.1111/j.1475-4754.2008.00446.x
- Fassbender, H. (1975). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Turrialba, Costa Rica: IICA
- Gkiasta, M. (2008). *The Historiography of Landscape Research on Crete*. (Tesis doctoral). Universiteit Leiden, Leiden, Netherlands.
- Guerrero, A. y Martínez, A. (s.f). Historia de la etnia Guane. *StudyLib*. Bucaramanga. Recuperado de <http://studylib.es/doc/6081817/historia-de-la-etnia-guane-a-los-cronistas-espa%C3%B1oles>
- Harper, C., McDonald, F & Braun, K. (2017). Lipid residue analysis of archaeological pottery: an introductory laboratory experiment in archaeological chemistry. *Journal Chemical Education*, 94(9), 1309–1313. doi: 10.1021/acs.jchemed.7b00225.
- Hassan, F. (1979). Geoarchaeology: The Geologist and Archaeology. *American Antiquity*, 44(2), 267-270. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/279076>

Hocsman, S., Somonte, C., Babot, M., Martel, A., y Toselli, A. (2003). Análisis de materiales líticos de un sitio a cielo abierto del área Valliserrana del NOA: Campo Blanco (Tucuman). *Cuadernos FHyCS*, (20), 325-350. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/cfhycs/n20/n20a15.pdf>

Holliday, V. T. (2004). *Soils in archaeological research*. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=9SuK6wZOf8EC&printsec=frontcover&dq=Holliday,+Vance+T.+2004.+Soils+in+Archaeological+Research.&hl=es&sa=X&ved=0ahUK EwjN6bjB9rrYAhXETCYKHfiKAT8Q6AEIJjAA#v=onepage&q=Holliday%20Vance%20T.%202004.%20Soils%20in%20Archaeological%20Research.&f=true>

Honorato, R. (2000). *Manual de edafología*. Santiago de Chile, Chile: Ediciones Universidad Católica De Chile.

Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH). (s.f). Breve reseña histórica. Bogotá. Recuperado de: <http://www.icanh.gov.co/?idcategoria=4543>

Instituto Colombiano de Geología y Minería, [INGEOMINAS]. (2013). *Geología de la plancha 120 Bucaramanga y Geología de la plancha 109 Rionegro*. Servicio geológico colombiano. Recuperado de http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica/

Jiménez, P. (s.f). *La industria lítica pulimentada*. España. Universidad de Alcalá. Recuperado de https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-33289/TAB42351/Pr%E1cticas...pdf

- King, S. M. (2008). The spatial organization of food sharing in Early Postclassic households: an application of soil chemistry in Ancient Oaxaca, Mexico. *Journal of Archaeological Science*. 35, 1224-1239. doi: 10.1016/j.jas.2007.08.010.
- Kowta, M. (1980). *Recognizing artifacts*. California. Recuperado de: http://www.fire.ca.gov/resource_mgt/archaeology/downloads/recognizing_artifacts.pdf
- Lazos, L. (1997). *Estudio para el análisis químico sistemático de pisos arqueológicos*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. México.
- Maher, L. (2017). Georcheology. *The International Encyclopedia of Geography*. [Version electrónica]. Berkeley, USA: John Wiley & Sons, Ltd., <http://onlinelibrary.wiley.com>
- Manzanilla, L. (1985). *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad*. Recuperado de http://www.iiia.unam.mx/directorio/archivos/MANL510125/1986-Manzanilla-Unidades-habitacionales-_mesoamericanas.pdf
- Martin, E. (s.f). *Archeology and Landscapes*. National Park Service. Estados Unidos. Recuperado de https://www.nps.gov/nr/.../Archeol_and_landscapes_Erika.doc
- Mckean, S. (1993). *Manual de análisis de suelos y tejido vegetal*. Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/S593.M2_Manual_de_an%C3%A1lisis_de_suelos_y_tejido_vegetal_Una_gu%C3%ADa_de_muestreo_y_pr%C3%A1ctica_de_metodologia.pdf
- Merino, J. (1994). *Tipología lítica. Antropología-Arkeología*. San Sebastián, España: Munibe.
- Middleton, W. (2004). Identifying Chemical Activity Residues on Prehistoric House Floors: A Methodology And Rationale For Multi-Elemental Characterization of a Mild Acid

- Extract of Anthropogenic Sediments. *Archaeometry*, 46(1), 47-65. doi: 10.1111/j.1475-4754.2004.00143.x
- Middleton, W., Barba, L., Pecci, A., Burton, J., Ortiz, A., Salvini, L., & Suarez, R. (2010). The Study of Archaeological Floors: Methodological Proposal for the Analysis of Anthropogenic Residues by Spot Tests, ICP-OES, and GC-MS. *Journal of archaeological method and theory*, 17(3), 183-208. doi: 10.1007/s10816-010-9088-6
- Moreno, L. (2018). Cazadores recolectores del periodo Arcaico en el valle del río Chucurí, nororiente de Colombia: Asentamientos y explotación de materias primas. *Anuario de Historia Regional y de las Fronteras*, 23(1). doi: 10.18273/revanu.v23n1-2018001
- Moreno, L. (2015). *Tecnología lítica y cerámica: sociedades prehistóricas del río Sogamoso, Santander, Colombia*. (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.
- Obregón, M., Barba, L., Ortiz, A., y Gómez, L. (2011). Transformaciones antrópicas del suelo en un lugar de habitación prehispánico en los Andes noroccidentales. *Trace*, (59), 90-104. Recuperado de <https://journals.openedition.org/trace/1679>
- Ortiz, E. (2010). *VI coloquio Pedro Bosh Gimpera, lugar, espacio y paisaje en arqueología: Mesoamérica y otras áreas culturales*. Recuperado de: <http://ru.iaa.unam.mx:8080/bitstream/10684/29/1/376.pdf>
- Ortiz, A. (1990). *Oztotyahualco: estudio químico de los pisos estucados de un conjunto residencial teotihuacano para determinar áreas de actividad*. (Tesis pregrado). Escuela de Nacional de Antropología e Historia. Ciudad de México, México.

- Parnell, J., & Terry, R. (2002). Soil Chemical Analysis Applied as an Interpretive Tool for Ancient Human Activities in Piedras Negras, Guatemala. *Journal of Archaeological Science*. 29, 379–404. doi:10.1006/jasc.2002.0735
- Pecharsky, V. & Zavalij, P. (2005). *Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials*. New York, USA: Springer.
- Petrack, S. y Castillo, R. (2004). Método de Rietveld para el estudio de estructuras cristalinas. Revista de la facultad de ciencias de la UNI, 9(1), 1-5. Recuperado de www.bibliotecacentral.uni.edu.pe/pdfs/REVCUNI/1,2005/art_0001.pdf
- Pollard, A., Heron, C., & Armitage, A. (2017). *Archaeological Chemistry*. Recuperado de https://books.google.com.co/books?id=G2_ZDQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Archaeological+Chemistry&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjM3OuUn-XaAhWL3VMKHSM-B88Q6AEIKDAA#v=onepage&q=Archaeological%20Chemistry&f=false
- Polo, D. (2008). Geoarqueología y reconstrucción de contextos arqueológicos: contribución y nuevas perspectivas desde el área de prehistoria de la Universidad del país Vasco. *VELEIA*, 24(25), 689-700.
- Porta, J., López, M., y Roquero, C. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid. Bilbao. España: Mundi-prensa.
- Pozo, M., y Carretero, I. (2008). *Mineralogía aplicada: salud y medio ambiente*. Madrid. España: Thomson

- Price, T.D., & Burton, J. (2012). *An introduction to Archeological Chemistry*. doi: 10.1007/978-1-4419-6376-5
- Prothero, D., & Schwab, F. (2004). *Sedimentary geology and introduction to sedimentar rocks and stratigraphy*. New York. USA: W. H. Freeman and Company.
- Ramón, M. (2007). *Introducción al método de Rietveld*. Recuperado de http://xml.cie.unam.mx/xml/ms/Doctos/Manual_RietveldML1.pdf
- Renfrew, C., y Bahn, P. (2007). *Arqueología. Teorías, métodos y práctica*. Recuperado de [https://books.google.com.co/books?id=crqRZPgkys8C&printsec=frontcover&dq=Renfrew+%26+Bahn+\(2007\)&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiE5f7E87rYAhWFbiYKHV6KCXoQ6AEIKTAA#v=onepage&q=Renfrew%20%26%20Bahn%20\(2007\)&f=true](https://books.google.com.co/books?id=crqRZPgkys8C&printsec=frontcover&dq=Renfrew+%26+Bahn+(2007)&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiE5f7E87rYAhWFbiYKHV6KCXoQ6AEIKTAA#v=onepage&q=Renfrew%20%26%20Bahn%20(2007)&f=true)
- Royero, J. y Clavijo, J. (2001). *Mapa geológico generalizado departamento de Santander memoria explicativa*. Recuperado de https://www.academia.edu/26408553/Memoria_Explicativa_del_Departamento_de_Santander
- Ruiz, J. (2013). *Marcadores de áreas de actividad antrópica en arqueología*. (Tesis de grado). University of Barcelona. Barcelona. España.
- Sanchez, P. (2010). Las dimensiones del paisaje en Arqueología. *Munibe Antropologia-Arkeologia*,(61), 139-151. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/224456140/SANCHEZ-YUSTOS-2010-Las-Dimensiones-Del-Paisaje-en-Arqueologia>
- Sayre, E. V. (2000). *Determination of Provenance*. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-4145-5_7

- Sonntag, C. (2016). Spectroscopy XRD (X-Ray Diffraction on powders). *Slidshare: University of Phayao*. Recuperado de <https://www.slideshare.net/christophsontag/spectroscopy-xrd>
- Stow, D. (2005). *Sedimentary rocks in the field a color guide*. London. UK : Manson Publishing Ltd.
- Szilágyi, V., Gyarmati, J., Tóth, M., Taubald, H., Balla, M., Kasztovszky, Zs., & Szakmány, Gy. (2012). Petro-mineralogy and geochemistry as tools of provenance analysis on archaeological pottery: Study of Inka Period ceramics from Paria, Bolivia. *Journal of South American Earth Sciences*, 36(2012), 1-17. doi: 10.1016/j.jsames.2011.11.001
- Tar buck, E., y Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física*. Madrid, España. Pearson.
- Terradas, X. (2001). *La gestión de los recursos minerales en las sociedades cazadoras-recolectoras*. Madrid, España. CSIC.
- Trigger, B. G. (1988). Archaeology's relations with the physical and biological sciences: a historical review. En R. Farquhar (Presidencia), *Proceedings of the 26th international archaeometry symposium*. Simposio llevado a cabo en el congreso de arqueometría, Toronto, Canadá.
- Tucker, M. (1982). *Sedimentary rocks in the field*. New York. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Vos, K; Vandenberghe, N; & Elsen, J. (2014). Surface textural analysis of quartz grains by scanning electron microscopy (SEM): From sample preparation to environmental interpretation. *Earth-Science Reviews* 128, 93–104. doi 10.1016/j.earscirev.2013.10.013

Ward, D.E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H. y Gómez, E. (1973). *Mapa geológico de Colombia cuadrángulo H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona memoria explicativa*. Recuperado de

http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica/

Worsfold, P., McKelvie, I. & Monbet, P. (2016). Determination of phosphorus in natural waters:

A historical review. *Analytica Chimica Acta*, 918, 8-20. doi: 10.1016/j.aca.2016.02.047

Apéndices

Apéndice A. Estadística de los artefactos hallados en el sitio prehistórico La Fe. Tipo de roca: 1. Chert, 2. Lutita, 3. Caliza, 4. Areniscas. Tipo de formato: 1. Yunque. 2. Alisador. 3. Cincel. 4. Placas. 5. Bases. 6. Mano de moler. 7. Núcleo. 8. Raedera. 9. Lasca sin borde activo. 10. Navaja. 11. Chopper. 12. Cuchillo. 13. Cuñas. 14. Hachas. 15. Punzón. 18. Placa natural. 19. Molino de moler. 20. Lasca con borde activo.

CÓDIGO	CUADRICULA	NIVEL	TIPO DE ROCA	TIPO DE FORMATO	TIPO DE FORMATO
10F-3	D3	3	4	1	YUNQUE=33
11F-1	D0	1	3	1	
12F-2	D1	2	4	1	
13F-2	A2	2	4	1	
14F-1	D0	1	4	1	
17F-4	B2	4	4	1	
18F-2	B3	2	4	1	
19F-4	E3	4	4	1	
1F-4	B2	4	3	1	
20F-3	B3	3	4	1	
21F-2	E3	2	4	1	
22F-2	C5	2	4	1	
23F-2	E0	2	4	1	
256F-3	A2	3	4	1	
2F-2	B3	2	4	1	
31F-2	B3	2	4	1	
45F-1	B5	1	4	1	
52F-1	D0	1	4	1	
54F-1	B5	1	4	1	
571F-4	C1	4	4	1	
572F-4	C1	4	4	1	
573F-3	D3	3	4	1	
574F-2	B3	2	4	1	
597F-4	E1	4	2	1	
645F-3	B1	3	4	1	
646F-3	B1	3	4	1	
659F-4	B5	4	4	1	
660F-4	B5	4	4	1	
681F-3	A0	3	4	1	
6F-1	A0	1	4	1	

7F-4	B2	4	4	1	
8F-2	D2	2	4	1	
9F-1	B2	1	4	1	
15F-1	E0	1	4	2	ALISADOR=25
171F-2	B2	2	4	2	
173F-1	E0	1	3	2	
190F-3	A4	3	4	2	
206F-2	A4	2	4	2	
211F-1	C0	1	2	2	
212F-2	E3	2	2	2	
241F-3	D4	3	2	2	
27F-1	A0	1	4	2	
32F-1	D0	1	4	2	
33F-1	E0	1	3	2	
34F-1	C0	1	4	2	
35F-1	C5	1	4	2	
36F-2	C4	2	4	2	
38F-1	B5	1	4	2	
39F-4	E1	4	4	2	
405F-4	B2	4	4	2	
43F-2	C5	2	4	2	
49F-3	E0	3	4	2	
4F-3	D0	3	4	2	
53F-3	D4	3	4	2	
57F-2	C5	2	4	2	
617F-5	A3	5	4	2	
629F-3	B1	3	4	2	
682F-3	A0	3	4	2	
61F-2	B1	2	3	3	CINCEL=1
103F-1	B5	1	3	4	PLACA=44
105F-1	B0	1	3	4	
109F-2	A2	2	3	4	
112F-1	D0	1	3	4	
114F-3	B1	3	3	4	
122F-1	A0	1	3	4	
125F-1	D0	1	3	4	
131F-3	A4	3	3	4	
132F-3	B1	3	3	4	
138F-3	D4	3	3	4	
146F-2	C0	2	3	4	
149F-3	A1	3	3	4	
157F-3	E4	3	3	4	
158F-1	E4	1	4	4	
159F-1	B5	1	3	4	
160F-1	A0	1	3	4	
162F-1	A0	1	3	4	
163F-1	C5	1	3	4	
165F-3	A1	3	4	4	
166F-3	A1	3	3	4	
168F-1	A0	1	3	4	
407F-2	A4	2	3	4	
48F-2	B5	2	3	4	
664F-3	E2	3	3	4	

66F-3	D4	3	3	4	
673F-4	C0	4	3	4	
679F-3	B1	3	3	4	
68F-2	C3	2	4	4	
72F-1	E4	1	3	4	
77F-2	B0	2	3	4	
79F-3	B1	3	3	4	
81F-1	D0	1	3	4	
83F-1	B5	1	3	4	
84F-2	A1	2	3	4	
87F-2	C0	2	3	4	
89F-3	A4	3	3	4	
90F-2	C5	2	3	4	
92F-2	B0	2	3	4	
93F-2	E1	2	3	4	
94F-2	E0	2	3	4	
95F-3	A4	3	3	4	
96F-2	E3	2	3	4	
97F-3	B1	3	3	4	
98F-1	C5	1	3	4	
169F-1	B0	1	4	5	BASE=43
172F-3	B4	3	4	5	
175F-2	C3	2	3	5	
178F-1	C0	1	3	5	
191F-4	E1	4	4	5	
192F-2	A4	2	4	5	
198F-2	C5	2	4	5	
204F-1	B2	1	4	5	
207F-3	B1	3	1	5	
210F-1	C0	1	3	5	
228F-2	C5	2	4	5	
230F-3	C4	3	4	5	
231F-1	C0	1	3	5	
232F-1	C5	1	2	5	
234F-3	A4	3	3	5	
240F-3	C4	3	2	5	
246F-1	C0	1	4	5	
252F-1	B0	1	4	5	
25F-2	C5	2	1	5	
262F-1	C5	1	3	5	
265F-3	E2	3	3	5	
271F-3	B3	3	4	5	
278F-1	A1	1	4	5	
291F-2	B2	2	3	5	
300F-1	A0	1	1	5	
318F-3	D2	3	4	5	
320F-1	E0	1	3	5	
322F-1	C0	1	4	5	
343F-2	B1	2	4	5	
348F-1	C0	1	3	5	
378F-2	C1	2	3	5	
388F-3	A2	3	3	5	
424F-2	B0	2	3	5	
446F-1	A0	1	2	5	

44F-3	C3	3	2	5	
502F-3	A3	3	3	5	
50F-1	B5	1	4	5	
51F-1	C5	1	4	5	
608F-4	C0	4	3	5	
64F-2	D3	2	3	5	
662F-3	E2	3	3	5	
683F-3	A0	3	4	5	
76F2	B0	2	3	5	
5F-1	A0	1	4	6	MANO DE MOLER=1
139F-2	B0	2	4	7	NUCLEO=125
170F-3	E1	3	4	7	
176F-1	C0	1	4	7	
177F-2	C5	2	2	7	
179F-1	B5	1	1	7	
180F-2	E0	2	1	7	
181F-1	C5	1	1	7	
182F-2	A0	2	1	7	
183F-4	E3	4	1	7	
184F-2	D2	2	1	7	
185F-1	B5	1	2	7	
186F-1	E3	1	1	7	
188F-2	E3	2	1	7	
189F-3	A1	3	1	7	
193F-1	B5	1	4	7	
194F-1	E4	1	1	7	
195F-1	E4	1	1	7	
197F-2	C5	2	4	7	
199F-1	B0	1	1	7	
202F-2	B3	2	1	7	
203F-1	E4	1	2	7	
205F-2	A3	2	4	7	
209F-1	B0	1	1	7	
213F-2	E0	2	2	7	
216F-2	E3	2	1	7	
217F-4	A1	4	2	7	
218F-3	C4	3	4	7	
219F-2	D1	2	2	7	
220F-3	B1	3	2	7	
221F-3	A3	3	3	7	
223F-1	A0	1	2	7	
224F-2	A0	2	1	7	
225F-4	E1	4	1	7	
227F-2	C5	2	2	7	
233F-1	A4	1	4	7	
238F-2	D1	2	4	7	
239F-2	B2	2	2	7	
242F-1	B5	1	1	7	
243F-3	A1	3	1	7	
244F-3	C1	3	2	7	
245F-2	E1	2	1	7	
247F-1	E3	1	2	7	
248F-2	E3	2	1	7	

24F-3	E1	3	1	7
250F-1	B5	1	2	7
253F-2	C5	2	1	7
254F-2	E3	2	2	7
255F-2	B2	2	2	7
257F-1	E2	1	1	7
259F-2	D0	2	4	7
260F-3	A3	3	3	7
264F-4	B2	4	4	7
267F-1	B5	1	4	7
268F-3	B1	3	1	7
26F-1	D0	1	2	7
270F-2	A2	2	3	7
272F-4	B2	4	4	7
273F-2	B2	2	4	7
276F-1	A0	1	3	7
277F-3	A1	3	1	7
280F-3	A4	3	1	7
281F-1	B0	1	3	7
282F-3	C3	3	2	7
283F-3	A2	3	1	7
285F-3	A1	3	2	7
286F-4	B0	4	1	7
287F-3	D3	3	4	7
288F-3	A2	3	3	7
289F-1	E3	1	3	7
290F-2	C1	2	1	7
292F-1	B2	1	4	7
296F-1	A0	1	1	7
298F-1	A0	1	1	7
299F-1	A0	1	1	7
301F-1	A0	1	1	7
302F-1	A0	1	1	7
312F-2	D1	2	3	7
313F-2	E2	2	1	7
316F-3	B3	3	4	7
332F-1	B5	1	2	7
333F-3	D3	3	4	7
336F-2	E1	2	4	7
340F-2	C0	2	1	7
347F-3	C4	3	1	7
352F-1	E4	1	3	7
360F-3	A1	3	2	7
361F-2	E3	2	4	7
362F-3	E4	3	4	7
373F-3	E1	3	4	7
374F-2	B3	2	4	7
375F-2	B2	2	4	7
377F-2	D3	2	4	7
3F-2	B3	2	4	7
402F-3	D0	3	1	7
40F-2	A0	2	2	7
423F-1	A0	1	1	7
430F-3	A1	3	1	7

438F-2	B0	2	2	7	
46F-2	C5	2	3	7	
472F-3	C4	3	2	7	
474F-1	E2	1	4	7	
475F-3	A1	3	2	7	
487F-3	C4	3	4	7	
504F-3	D4	3	1	7	
508F-2	B0	2	1	7	
513F-4	E1	4	1	7	
588F-3	E2	3	1	7	
58F-1	C0	1	2	7	
596F-4	E1	4	4	7	
604F-2	B0	2	1	7	
613F-4	C5	4	3	7	
647F-2	A0	2	2	7	
648F-3	E2	3	2	7	
649F-1	A0	1	1	7	
656F-1	A0	1	2	7	
657F-1	A0	1	1	7	
658F-1	A0	1	1	7	
661F-1	A0	1	4	7	
685F-3	A0	3	4	7	
690F-2	E2	2	1	7	
700F-1	A0	1	1	7	
701F-3	A0	3	2	7	
702F-3	A0	3	2	7	
705F-4	C1	4	4	7	
85F-1	C0	1	3	7	
16F-4	B2	4	4	8	RAEDERAS=84
174F-3	E2	3	2	8	
200F-2	E1	2	2	8	
201F-2	E1	2	3	8	
214F-3	A4	3	2	8	
226F-2	D3	2	4	8	
235F-1	E0	1	3	8	
237F-3	A4	3	2	8	
251F-2	C0	2	1	8	
258F-1	E0	1	2	8	
261F-1	D0	1	1	8	
263F-3	E4	3	1	8	
269F-1	E4	1	4	8	
274F-3	A2	3	1	8	
275F-2	B5	2	1	8	
284F-2	B3	2	3	8	
293F-3	A4	3	1	8	
294F-1	A0	1	1	8	
295F-1	A0	1	1	8	
297F-1	A0	1	1	8	
303F-1	A0	1	3	8	
304F-4	A1	4	4	8	
305F-1	B5	1	1	8	
306F-2	B2	2	3	8	
307F-3	C3	3	1	8	
308F-1	E4	1	4	8	

30F-3	E3	3	3	8
310F-4	B3	4	4	8
311F-2	E0	2	4	8
314F-2	C3	2	4	8
315F-2	C4	2	4	8
317F-2	E1	2	1	8
319F-2	C0	2	2	8
321F-2	B2	2	4	8
324F-2	A3	2	4	8
325F-3	B3	3	4	8
326F-2	C3	2	4	8
328F-2	B3	2	4	8
329F-3	D3	3	4	8
330F-2	D0	2	4	8
334F-1	D0	1	3	8
335F-2	C0	2	1	8
337F-3	E2	3	2	8
338F-2	B2	2	4	8
339F-2	C0	2	2	8
341F-1	C0	1	3	8
342F-3	B5	3	4	8
344F-3	C4	3	4	8
345F-2	C0	2	1	8
349F-2	B3	2	4	8
351F-3	E4	3	4	8
353F-3	E1	3	4	8
355F-3	D3	3	4	8
356F-1	B1	1	4	8
358F-2	B4	2	4	8
363F-2	B3	2	4	8
365F-2	C1	2	3	8
366F-3	C3	3	3	8
367F-3	D0	3	3	8
368F-1	B5	1	4	8
369F-3	E1	3	4	8
370F-3	D3	3	4	8
371F-2	B0	2	3	8
376F-2	B0	2	4	8
401F-2	C5	2	1	8
410F-2	D1	2	3	8
461F-3	A1	3	1	8
595F-2	C0	2	4	8
607F-3	E2	3	2	8
611F-3	B1	3	4	8
614F-4	C5	4	1	8
615F-5	A3	5	4	8
616F-4	E4	4	4	8
62F-2	D0	2	4	8
63F-1	B2	1	3	8
644F-5	A4	5	3	8
680F-4	A3	4	4	8
684F-2	E2	2	4	8
686F-4	A3	4	4	8
687F-3	B1	3	3	8

688F-2	E2	2	3	8	
689F-2	E2	2	2	8	
691F-4	A3	4	1	8	
75F-2	E4	2	4	8	
196F-2	B1	2	4	9	LASCA SIN BORDE ACTIVO=13
215F-1	C0	1	3	9	
359F-3	E2	3	2	9	
372F-2	B3	2	4	9	
386F-1	D0	1	1	9	
411F-2	C5	2	4	9	
455F-2	C0	2	1	9	
483F-3	B4	3	1	9	
485F-1	D0	1	4	9	
543F-3	E0	3	1	9	
589F-3	A1	3	1	9	
606F-1	E2	1	2	9	
631F-5	A3	5	1	9	
222F-1	C5	1	3	10	NAVAJAS=160
229F-3	B1	3	1	10	
236F-2	E0	2	1	10	
249F-2	E3	2	1	10	
266F-2	E3	2	2	10	
279F-3	E4	3	1	10	
327F-2	E0	2	1	10	
354F-3	B3	3	4	10	
381F-2	E4	2	1	10	
382F-1	A0	1	1	10	
385F-1	B5	1	1	10	
390F-2	B3	2	2	10	
393F-3	B4	3	1	10	
394F-3	A0	3	1	10	
395F-2	D1	2	1	10	
396F-1	C5	1	1	10	
397F-4	A1	4	1	10	
398F-2	C0	2	2	10	
399F-4	E0	4	1	10	
403F-1	B5	1	2	10	
408F-3	D4	3	1	10	
409F-3	A1	3	1	10	
412F-3	A1	3	2	10	
413F-2	E3	2	1	10	
414F-3	E2	3	2	10	
415F-2	B3	2	4	10	
416F-3	E4	3	1	10	
417F-1	E2	1	2	10	
418F-3	A4	3	1	10	
419F-3	D4	3	2	10	
41F-2	A0	2	2	10	
420F-1	E2	1	1	10	
421F-3	E0	3	4	10	
422F-3	A3	3	4	10	
426F-3	E1	3	1	10	
429F-3	E4	3	1	10	
431F-3	A4	3	1	10	

432F-1	B5	1	2	10
433F-1	E4	1	2	10
434F-3	C4	3	4	10
436F-2	D0	2	4	10
437F-3	E4	3	1	10
439F-3	B4	3	4	10
440F-3	B3	3	4	10
441F-3	A2	3	1	10
442F-3	A1	3	1	10
443F-4	E1	4	1	10
444F-3	D4	3	4	10
447F-2	A3	2	3	10
448F-3	D4	3	1	10
449F-1	E2	1	1	10
452F-1	B5	1	1	10
454F-3	A1	3	1	10
456F-2	A0	2	3	10
459F-1	D0	1	4	10
460F-1	B5	1	4	10
462F-4	E1	4	1	10
464F-3	B3	3	4	10
465F-1	E4	1	1	10
466F-2	E3	2	1	10
467F-3	A3	3	1	10
468F-3	E0	3	1	10
469F-1	E4	1	1	10
470F-3	A4	3	1	10
471F-4	E0	4	2	10
477F-2	D0	2	1	10
478F-3	A2	3	2	10
479F-2	B3	2	4	10
480F-3	A1	3	1	10
481F-3	A4	3	1	10
482F-4	E3	4	1	10
484F-3	A4	3	3	10
486F-3	E4	3	1	10
489F-2	E4	2	1	10
490F-2	B5	2	2	10
491F-3	E1	3	1	10
492F-2	E1	2	1	10
493F-3	D4	3	1	10
495F-4	E3	4	4	10
496F-2	E3	2	3	10
498F-3	E2	3	1	10
499F-3	A2	3	1	10
500F-2	D0	2	4	10
501F-3	A1	3	1	10
503F-3	E0	3	2	10
505F-3	A1	3	1	10
506F-3	C4	3	4	10
507F-3	B3	3	1	10
509F-2	B3	2	3	10
511F-2	E3	2	2	10
514F-3	B5	3	2	10

516F-3	D4	3	1	10
517F-3	A1	3	1	10
518F-2	C5	2	2	10
519F-3	A4	3	1	10
520F-2	E1	2	2	10
522F-3	E4	3	1	10
523F-2	B3	2	2	10
525F-3	D4	3	1	10
527F-1	A0	1	1	10
528F-1	D0	1	1	10
530F-2	E0	2	1	10
531F-3	D4	3	1	10
532F-1	D0	1	1	10
533F-2	B3	2	1	10
534F-3	D4	3	1	10
535F-4	E4	4	1	10
537F-2	B0	2	1	10
539F-1	C0	1	2	10
540F-2	A0	2	1	10
541F-3	A3	3	1	10
542F-3	C5	3	1	10
544F-1	B0	1	2	10
545F-2	B0	2	1	10
548F-1	E4	1	1	10
549F-1	E4	1	1	10
550F-3	E2	3	1	10
552F-2	A0	2	1	10
554F-3	B0	3	1	10
555F-4	A4	4	1	10
556F-1	C0	1	1	10
557F-2	D1	2	1	10
558F-4	E4	4	1	10
559F-3	D4	3	1	10
561F-2	B5	2	1	10
562F-1	A0	1	1	10
563F-3	D4	3	1	10
564F-4	E0	4	1	10
565F-3	D4	3	1	10
567F-3	E0	3	1	10
569F-2	B0	2	1	10
570F-3	C5	3	1	10
583F-3	A1	3	1	10
592F-3	A1	3	1	10
610F-4	C4	4	1	10
618F-3	E2	3	4	10
619F-4	E4	4	2	10
620F-3	E2	3	1	10
621F-4	E4	4	1	10
622F-3	E2	3	1	10
623F-2	B1	2	2	10
624F-5	A3	5	1	10
625F-4	E4	4	1	10
633F-5	C1	5	1	10
636F-3	E2	3	1	10

637F-3	E2	3	1	10	
638F-3	E2	3	1	10	
640F-5	C0	5	1	10	
643F-3	E2	3	2	10	
650F-3	A0	3	1	10	
651F-1	A0	1	1	10	
653F-1	A0	1	1	10	
654F-1	A0	1	1	10	
706F-1	A0	1	1	10	
707F-1	A0	1	1	10	
708F-1	A0	1	1	10	
709F-1	A0	1	1	10	
710F-1	A0	1	1	10	
711F-2	A1	2	1	10	
714F-1	A0	1	1	10	
575F-1	E4	1	4	11	CHOPPER=4
576F-4	B2	4	4	11	
577F-3	B3	3	4	11	
578F-2	B3	2	4	11	
147F-2	E3	2	2	12	CUCHILLO=56
309F-3	C4	3	1	12	
346F-3	C5	3	3	12	
357F-3	D3	3	4	12	
364F-2	E3	2	3	12	
379F-1	C5	1	4	12	
37F-2	E4	2	2	12	
380F-3	B3	3	1	12	
383F-4	E0	4	1	12	
387F-3	C3	3	4	12	
391F-2	A2	2	4	12	
392F-2	B3	2	4	12	
404F-2	C5	2	3	12	
406F-4	B2	4	4	12	
425F-3	A1	3	1	12	
428F-3	D4	3	2	12	
435F-2	C1	2	3	12	
451F-3	A4	3	1	12	
453F-2	D3	2	4	12	
473F-3	C3	3	2	12	
476F-1	B0	1	1	12	
488F-1	E4	1	1	12	
494F-4	E0	4	2	12	
510F-3	A4	3	1	12	
515F-3	A1	3	1	12	
521F-3	C3	3	4	12	
524F-3	D3	3	4	12	
526F-1	A0	1	1	12	
529F-1	D0	1	1	12	
536F-2	B0	2	1	12	
546F-3	E0	3	1	12	
547F-2	C0	2	1	12	
551F-3	A1	3	1	12	
566F-3	E2	3	1	12	
579F-3	B3	3	3	12	

580F-1	E0	1	1	12	
581F-1	E4	1	3	12	
582F-3	A4	3	1	12	
584F-3	E0	3	2	12	
585F-3	A1	3	1	12	
586F-3	E4	3	4	12	
587F-3	A1	3	1	12	
590F-3	A1	3	1	12	
591F-3	A1	3	1	12	
605F-3	D4	3	2	12	
627F-3	E2	3	2	12	
628F-3	E2	3	1	12	
630F-4	C0	4	1	12	
632F-5	A3	5	1	12	
634F-5	C0	5	1	12	
635F-5	C0	5	2	12	
639F-5	A3	5	1	12	
698F-3	E2	3	3	12	
699F-5	A3	5	1	12	
712F-1	A0	1	1	12	
713F-1	A0	1	1	12	
208F-1	C5	1	3	13	CUÑAS=2
598F-2	E4	2	2	13	
331F-2	B2	2	4	14	HACHA=6
599F-2	C3	2	4	14	
601F-2	B3	2	4	14	
602F-3	B3	3	4	14	
603F-1	C5	1	3	14	
612F-3	B1	3	3	14	
47F-2	C1	2	3	15	PUNZÓN=3
593F-3	E2	3	3	15	
594F-1	B5	1	3	15	
100F-3	E3	3	3	18	PLACA NATURAL=78
101F-2	E3	2	3	18	
102F-2	C0	2	3	18	
104F-3	A4	3	3	18	
106F-2	D0	2	3	18	
107F-2	E3	2	3	18	
108F-2	D3	2	3	18	
110F-3	A4	3	3	18	
111F-4	C0	4	3	18	
113F-1	E4	1	3	18	
115F-3	A3	3	2	18	
116F-3	A1	3	3	18	
117F-3	E4	3	3	18	
118F-2	C0	2	3	18	
119F-3	E4	3	3	18	
120F-2	C0	2	3	18	
121F-1	E0	1	3	18	
123F-1	D0	1	3	18	
124F-1	A0	1	3	18	
126F-2	E1	2	3	18	
127F-3	A3	3	3	18	
128F-3	D3	3	3	18	

129F-2	E1	2	3	18
130F-2	C0	2	3	18
133F-2	C0	2	3	18
134F-1	E4	1	3	18
135F-2	C0	2	3	18
136F-4	C0	4	3	18
137F-3	B0	3	3	18
140F-1	C0	1	3	18
141F-1	D0	1	3	18
142F-3	A2	3	3	18
143F-1	A0	1	3	18
144F-1	D0	1	3	18
145F-1	D0	1	3	18
148F-1	C0	1	3	18
150F-1	B5	1	3	18
151F-2	E0	2	4	18
152F-1	E4	1	3	18
153F-3	E2	3	3	18
154F-3	E4	3	3	18
156F-1	D0	1	3	18
161F-3	A2	3	3	18
164F-1	C5	1	3	18
167F-1	C0	1	3	18
42F-2	C5	2	3	18
457F-2	C1	2	3	18
56F-1	A0	1	2	18
663F-2	E2	2	3	18
665F-2	E2	2	3	18
666F-1	A0	1	4	18
667F-4	C5	4	3	18
668F-3	E2	3	3	18
669F-4	B5	4	3	18
670F-4	B5	4	3	18
671F-4	B5	4	3	18
672F-4	E4	4	3	18
675F-2	E2	2	3	18
676F-2	E2	2	3	18
677F-3	B1	3	3	18
678F-2	E2	2	3	18
67F-3	E1	3	3	18
692F-4	A3	4	3	18
693F-4	A3	4	3	18
694F-2	E2	2	3	18
695F-2	E2	2	3	18
69F-2	C0	2	3	18
703F-4	D4	4	3	18
70F-1	A0	1	3	18
73F-1	D0	1	3	18
74F-3	D3	3	3	18
78F-1	E4	1	3	18
80F-3	B0	3	3	18
82F-2	B0	2	3	18
86F-2	B4	2	3	18
88F-1	D0	1	3	18

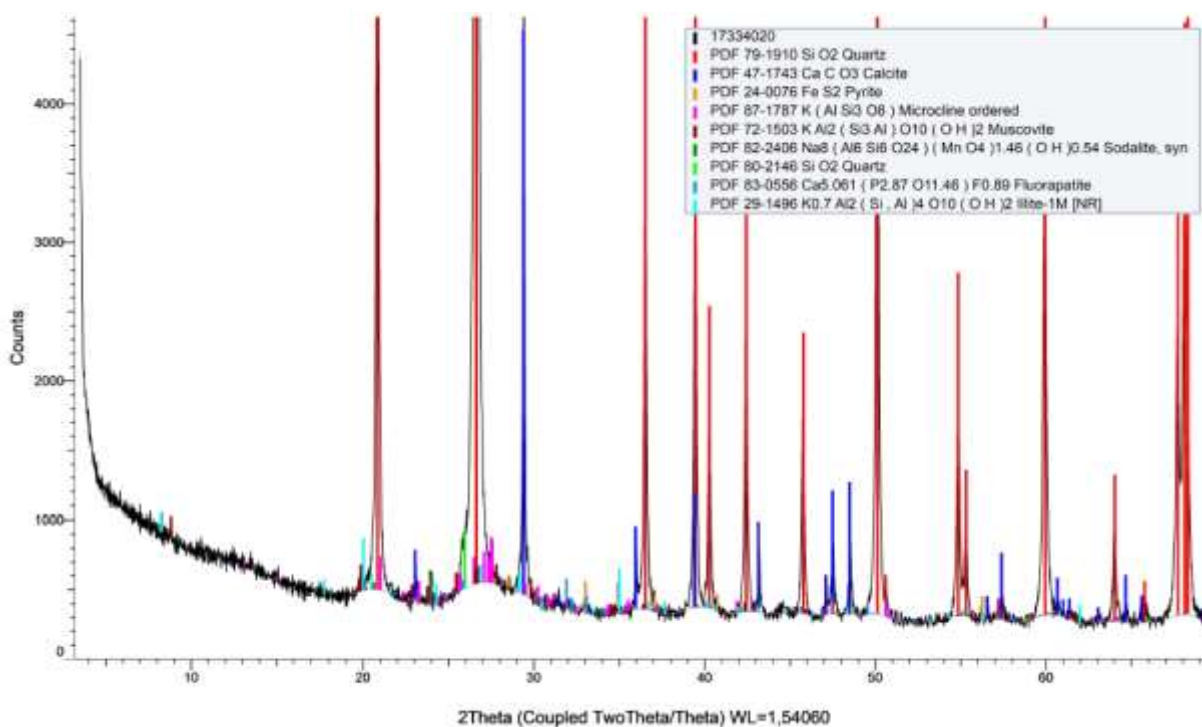
91F-4	E3	4	3	18	
99F-1	C0	1	3	18	
65F-3	E1	3	4	19	MOLINO DE MANO=1
674F-4	A3	4	3	19	
696F-3	B1	3	2	19	
697F-2	E2	2	4	19	
71F-2	B2	2	4	19	
187F-4	B2	4	4	20	LASCA CON BORDE ACTIVO =14
323F-2	E3	2	1	20	
350F-2	B3	2	4	20	
384F-3	A2	3	3	20	
389F-2	C5	2	2	20	
400F-3	B3	3	4	20	
427F-3	E4	3	1	20	
445F-1	C1	1	4	20	
463F-2	A2	2	4	20	
512F-2	D0	2	3	20	
609F-2	E2	2	1	20	
641F-5	C0	5	1	20	
642F-3	E2	3	1	20	
652F-1	A0	1	1	20	
28F-3	C3	3	4	21	MULTIUSOS=6
29F-4	D0	4	2	21	
458F-2	C5	2	1	21	
55F-2	C5	2	4	21	
600F-3	B3	3	4	21	
60F-1	A0	1	4	21	

Apéndice B. Análisis cualitativo y cuantitativo de difracción de rayos-X para las rocas tipo Chert.

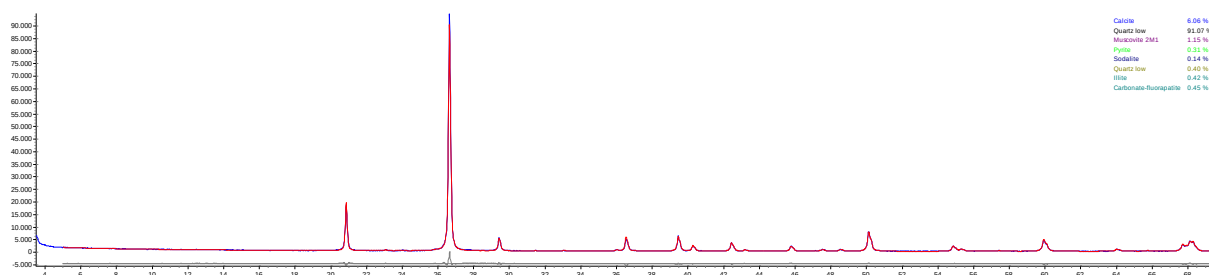
Chert negro

✚ Muestra KSL

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "C:\Users\Rayos x\Desktop\PROFE 1733420\CUANTITATIVO\topas\17334020.raw"
Range Number : 1

R-values

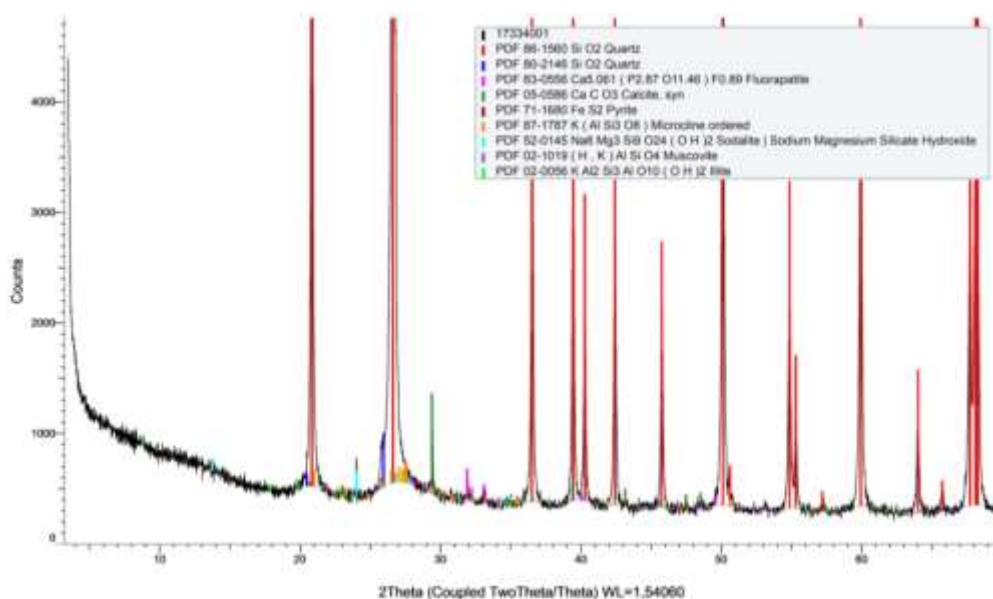
Rexp : 2.91 Rwp : 5.70 Rp : 4.41 GOF : 1.96
Rexp : 4.20 Rwp : 8.23 Rp : 7.01 DW : 0.60

Quantitative Analysis - Rietveld

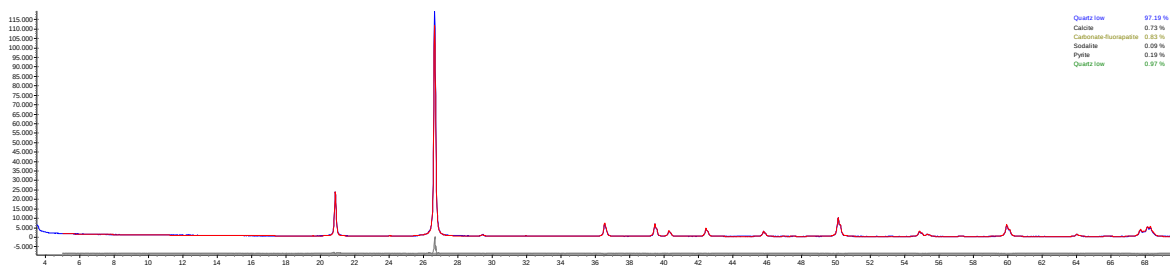
Phase 1	: Calcite	6.1(3) %
Phase 2	: "Quartz low"	91(4) %
Phase 3	: "Muscovite 2M1"	1.15(5) %
Phase 4	: Pyrite	0.31(3) %
Phase 5	: Sodalite	0(4) %
Phase 6	: "Quartz low"	0.40(5) %
Phase 7	: Illite	0.422(18) %
Phase 8	: Carbonate-fluorapatite	0.45(10) %

Muestra 290F-2

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "C:\Users\Rayos x\Desktop\PROFE 1733420\CUANTITATIVO\topas\17334001\17334001.raw"
Range Number : 1

R-values

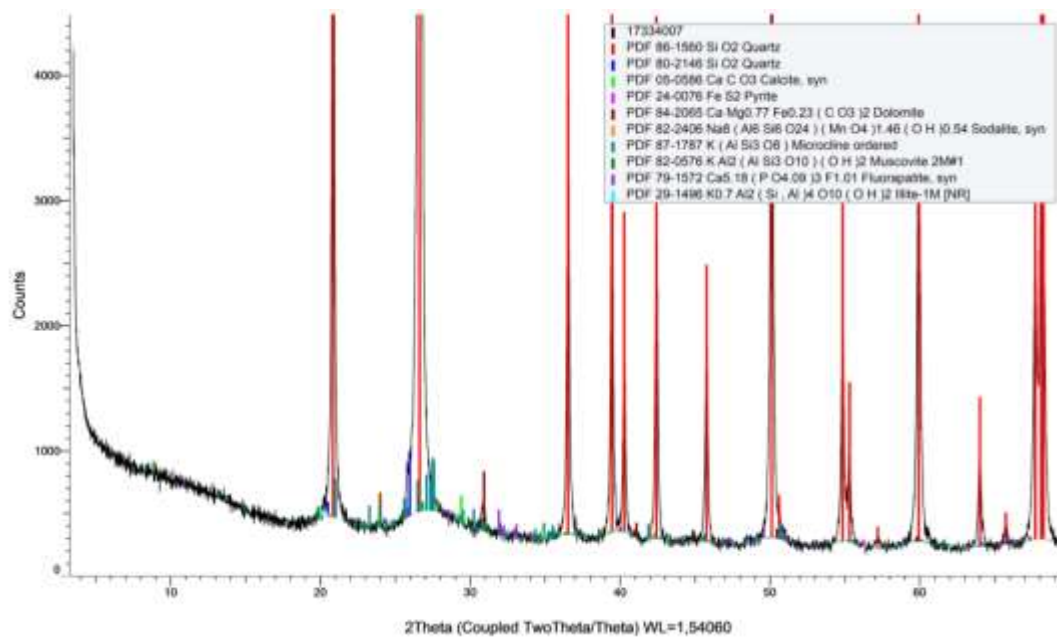
Rexp : 2.82 Rwp : 6.63 Rp : 5.15 GOF : 2.35
Rexp : 4.31 Rwp : 10.11 Rp : 9.72 DW : 0.43

Quantitative Analysis - Rietveld

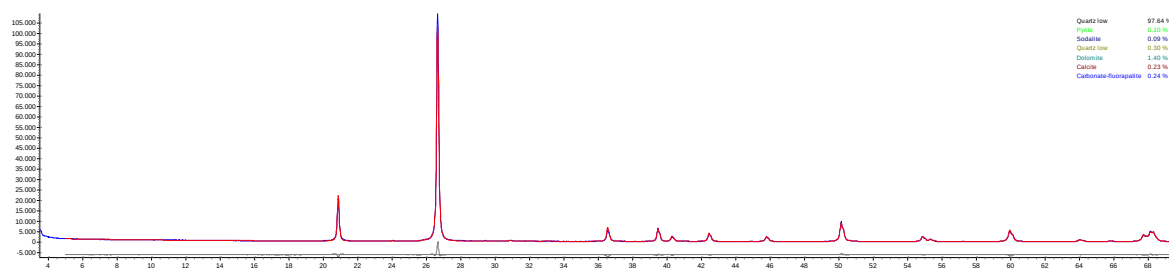
Phase 1 :	"Quartz low"	97.187 %
Phase 2 :	Calcite	0.733 %
Phase 3 :	Carbonate-fluorapatite	0.825 %
Phase 4 :	Sodalite	0.089 %
Phase 5 :	Pyrite	0.193 %
Phase 6 :	"Quartz low"	0.972 %

Muestra 642F-3

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "G:\Topas\DATOS DRX\17334 liticos\CHERT\17334007.raw"
 Range Number : 1

R-Values

Rexp : 2.90 Rwp : 6.47 Rp : 5.02 GOF : 2.23
 Rexp` : 4.20      Rwp` : 9.36 Rp` : 8.75 DW : 0.45

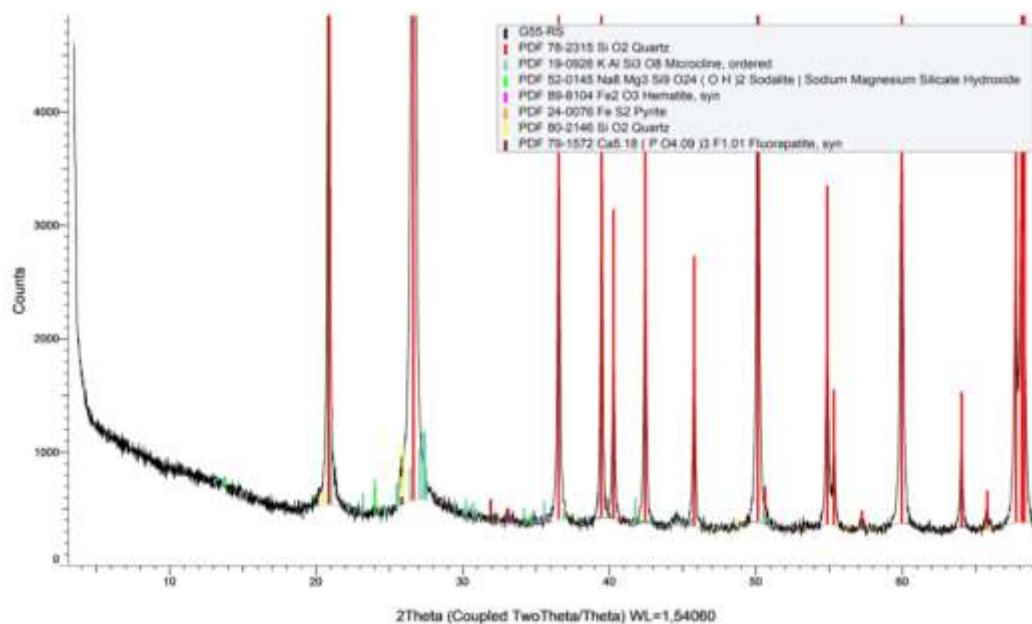
Quantitative Analysis - Rietveld

Phase 1	: "Quartz low"	97.64(13) %
Phase 2	: Pyrite	0.10(4) %
Phase 3	: Sodalite	0.089(18) %
Phase 4	: "Quartz low"	0.30(4) %
Phase 5	: Dolomite	1.40(9) %
Phase 6	: calcite	0.2271(6) %
Phase 7	: Carbonate-fluorapatite	0.24(8) %

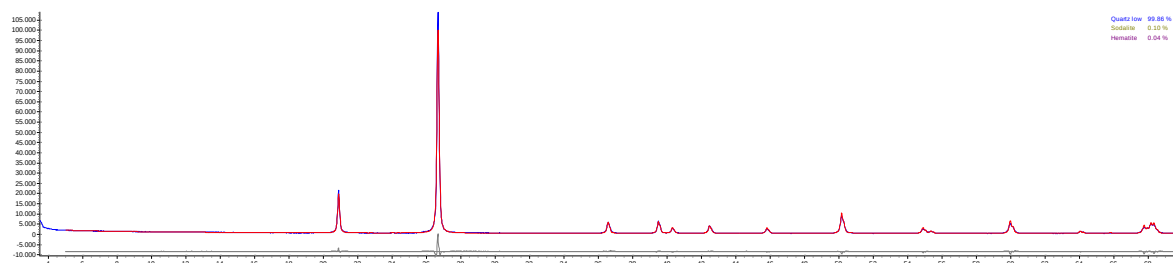
Chert Bandeado

✚ Muestra G55

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "D:\ARTÍCULO_ASESORÍAS_DOCENCIA\PREGRADO\UIS\TESIS EN PROCESO\ERIKA TARAZONA-GINA ALMEIDA\DATOS DRX\G55-RS.raw"
Range Number : 1

R-values

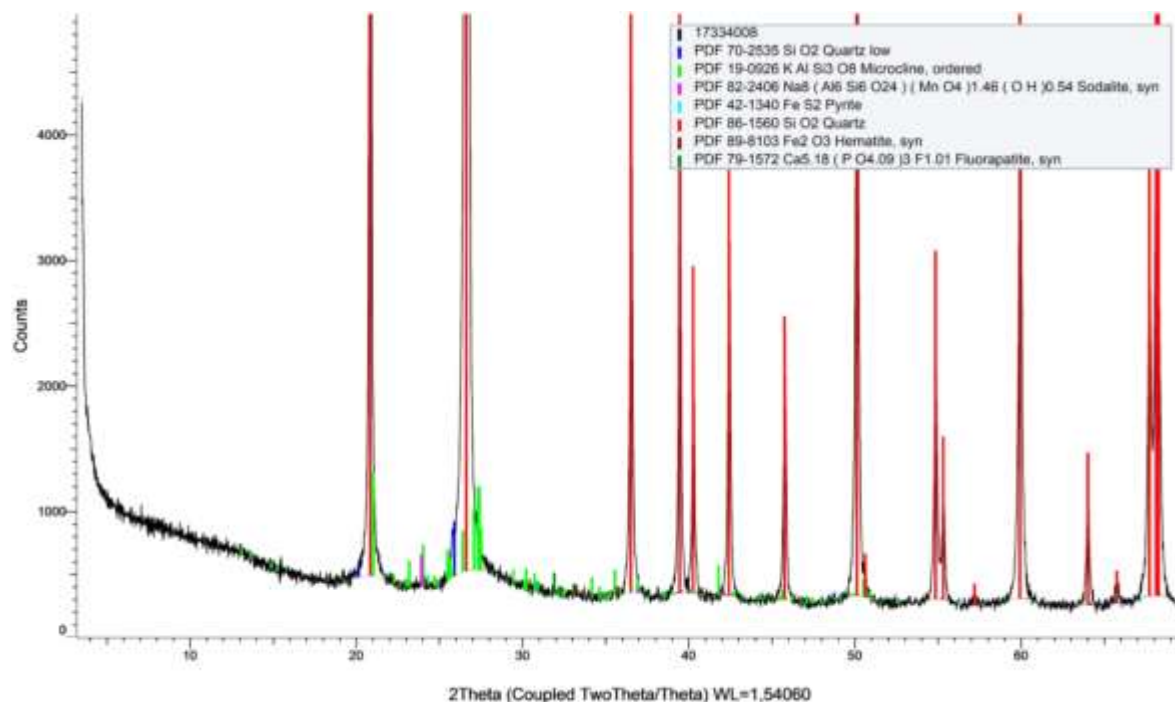
Rexp : 2.78 Rwp : 7.33 Rp : 5.67 GOF : 2.64
Rexp : 3.93 Rwp : 10.37 Rp : 8.73 DW : 0.36

Quantitative Analysis - Rietveld

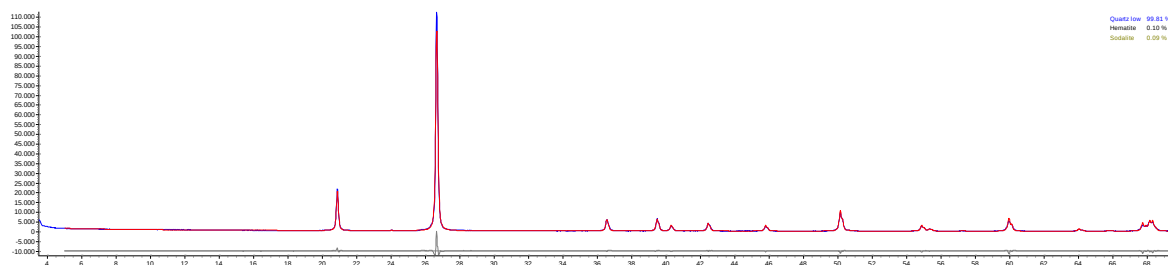
Phase 1 :	"Quartz low"	99.86(4) %
Phase 2 :	Sodalite	0.10(2) %
Phase 3 :	Hematite	0.04(3) %

🚦 Muestra 630F-4

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "D:\ARTÍCULO_ASESORÍAS_DOCENCIA\PREGRADO\UIS\TESIS EN PROCESO\ERIKA TARAZONA-GINA ALMEIDA\DATOS DRX\Informe_de_resultados_INF-17334\17334008.raw"
Range Number : 1

R-values

R_{exp} : 2.86 R_{wp} : 7.78 R_p : 6.09 GOF : 2.73
R_{exp} : 3.97 R_{wp} : 10.83 R_p : 9.33 DW : 0.38

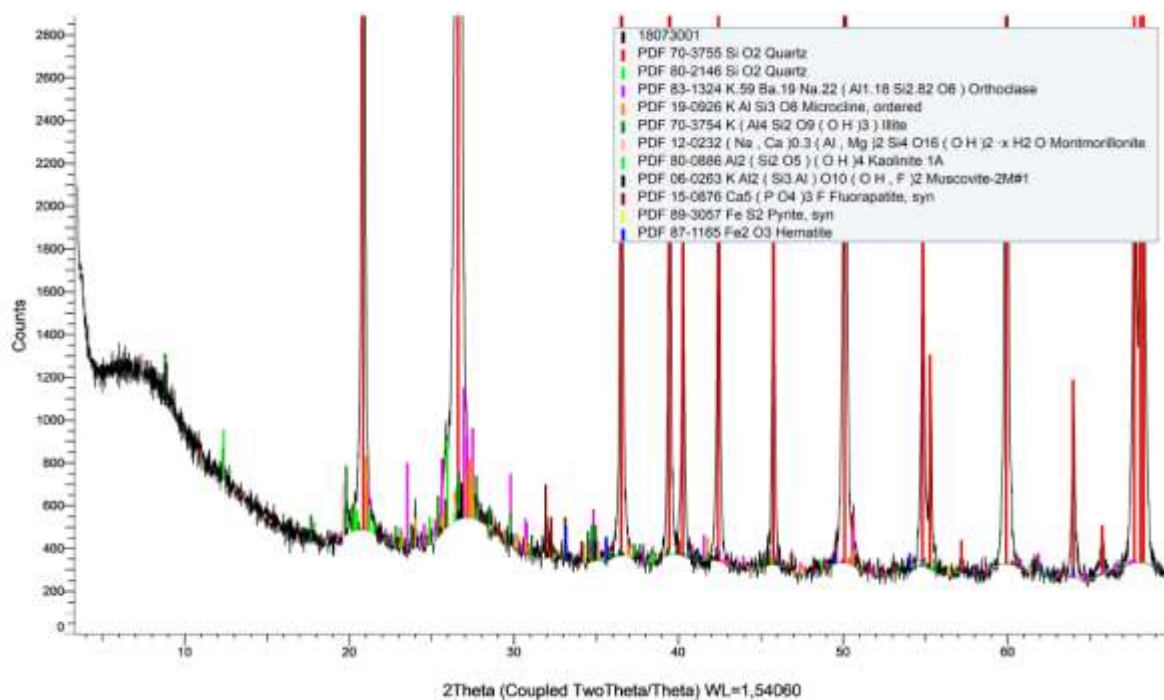
Quantitative Analysis - Rietveld

Phase 1	: "Quartz low"	99.81(5) %
Phase 2	: Hematite	0.10(4) %
Phase 3	: Sodalite	0.09(3) %

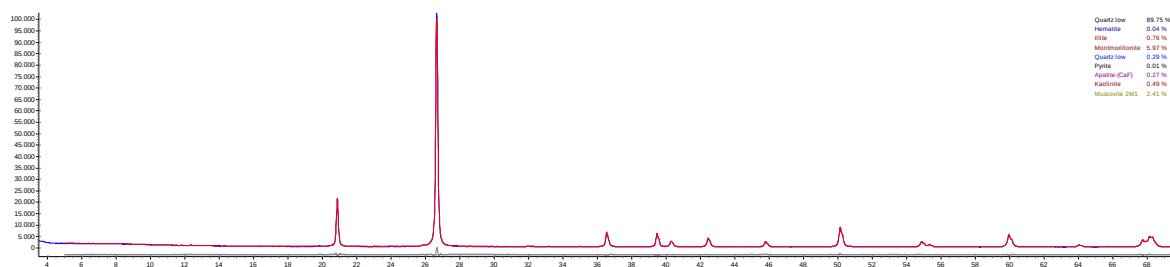
Apéndice C. Análisis cualitativo y cuantitativo de difracción de rayos-X para las rocas tipo Lutita.

✚ Muestra LTA

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : C:\Users\UIS\Downloads\18073001.raw
Range Number : 1

R-Values

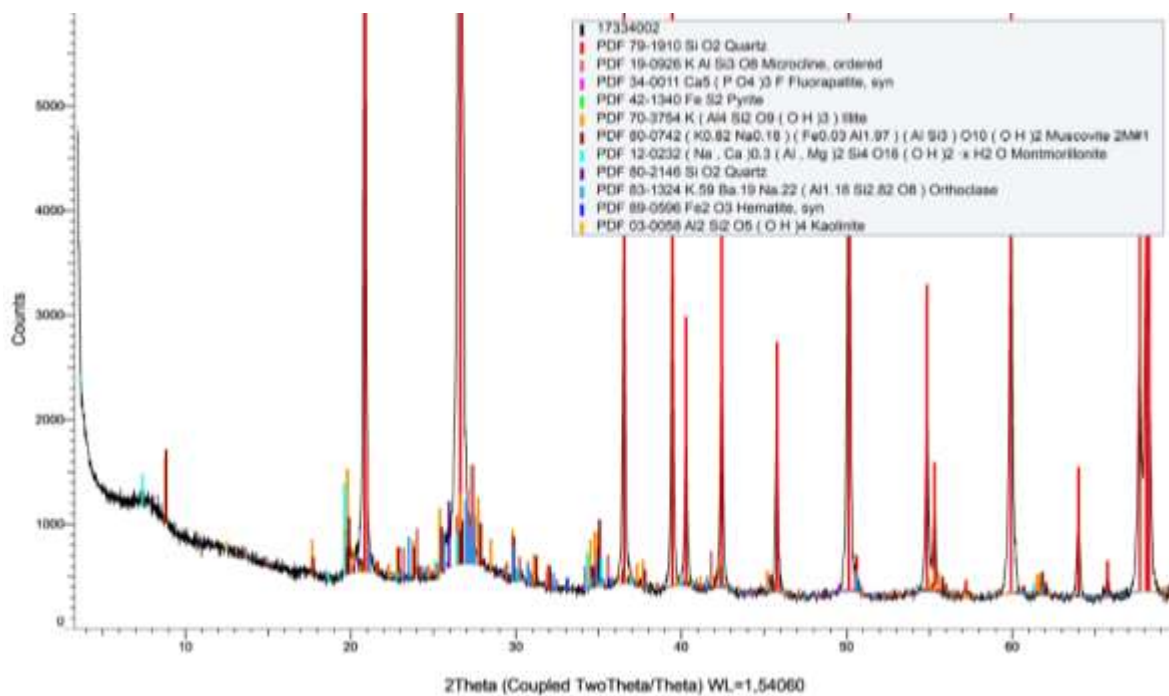
Rexp : 2.83 Rwp : 5.32 Rp : 3.95 GOF : 1.88
Rexp : 4.19 Rwp : 7.86 Rp : 6.69 Dw : 0.59

Quantitative Analysis - Rietveld

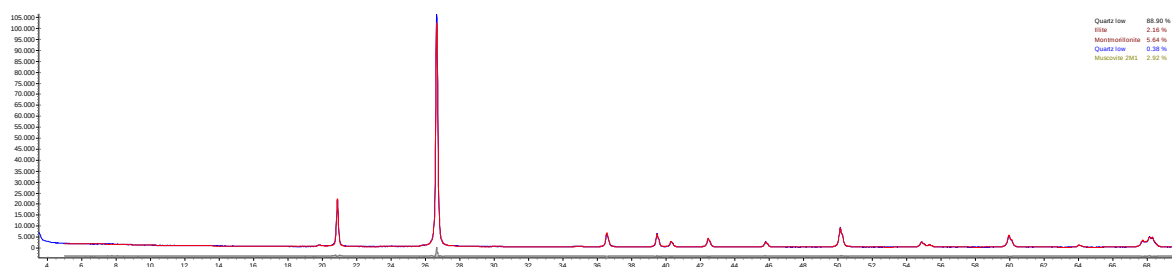
Phase 1 :	"Quartz low"	89.8(3) %
Phase 2 :	Hematite	0.04093(16) %
Phase 3 :	Illite	0.763(3) %
Phase 4 :	Montmorillonite	5.97(2) %
Phase 5 :	"Quartz low"	0.29(3) %
Phase 6 :	Pyrite	0.00973(4) %
Phase 7 :	Apatite-(CaF)	0.2736(11) %
Phase 8 :	Kaolinite	0.49(8) %
Phase 9 :	"Muscovite 2M1"	2.4(3) %

✚ Muestra 255F-2

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "G:\ANALISIS DE MUESTRAS\LUTITA\17334002\17334002.raw"
Range Number : 1

R-values

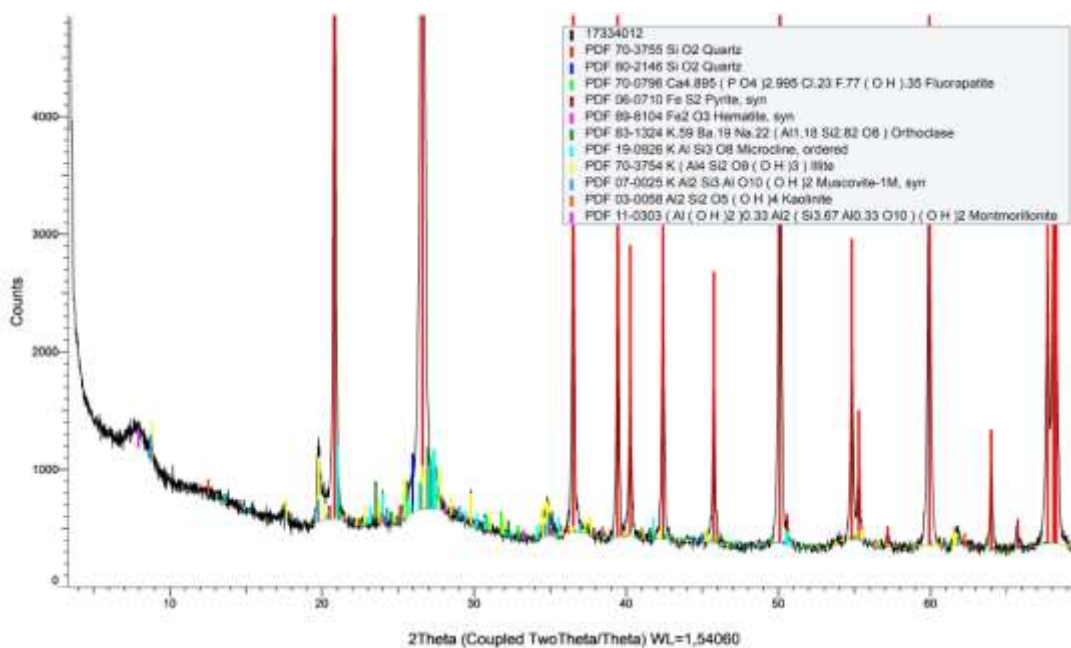
Rexp : 2.78 Rwp : 5.09 Rp : 3.89 GOF : 1.83
Rexp : 3.93 Rwp : 7.18 Rp : 5.93 DW : 0.63

Quantitative Analysis - Rietveld

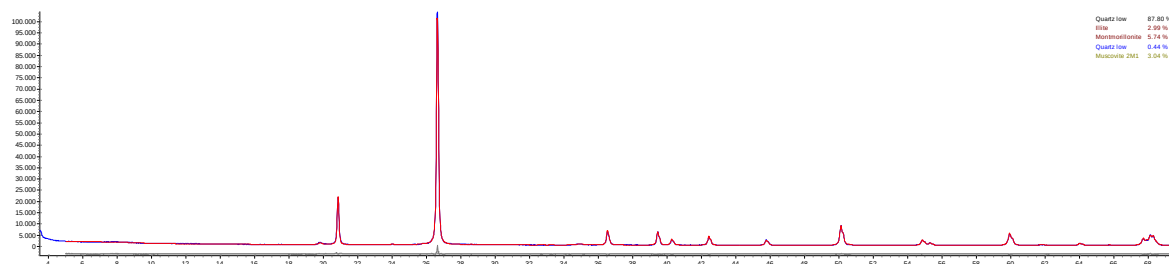
Phase 1 :	"Quartz low"	88.9(2) %
Phase 2 :	Illite	2.16(12) %
Phase 3 :	Montmorillonite	5.6(2) %
Phase 4 :	"Quartz low"	0.38(5) %
Phase 5 :	"Muscovite 2M1"	2.919(9) %

🚧 Muestra 598F-2

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "G:\ANALISIS DE MUESTRAS\LUTITA\17334012\17334012.raw"
Range Number : 1

R-values

Rexp : 2.74 Rwp : 5.44 Rp : 4.14 GOF : 1.99
Rexp` : 3.93      Rwp` : 7.82 Rp` : 6.42 DW : 0.52

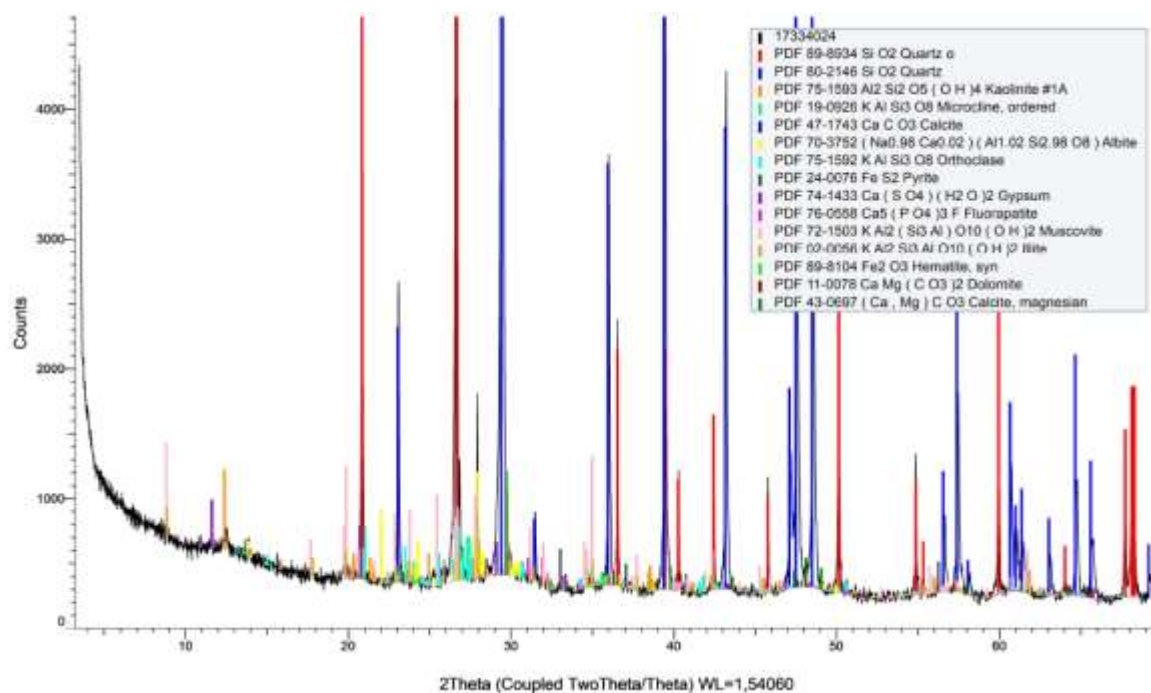
Quantitative Analysis - Rietveld

Phase 1	:	"Quartz low"	87.8(7) %
Phase 2	:	Illite	2.99(13) %
Phase 3	:	Montmorillonite	5.7(7) %
Phase 4	:	"Quartz low"	0.44(7) %
Phase 5	:	"Muscovite 2M1"	3.04(2) %

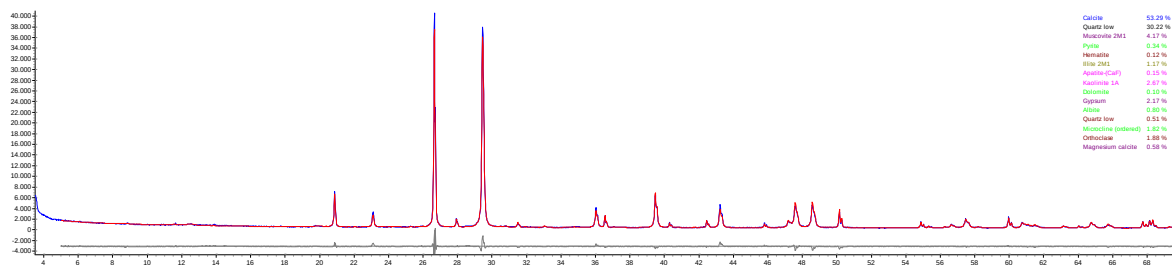
Apéndice D. Análisis cualitativo y cuantitativo de difracción de rayos-X para las rocas tipo Caliza.

Muestra FKIS

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "F:\TESIS ERIKA Y GINA\DRX LITICO\CALIZAS\17334024.raw"
Range Number : 1

R-Values

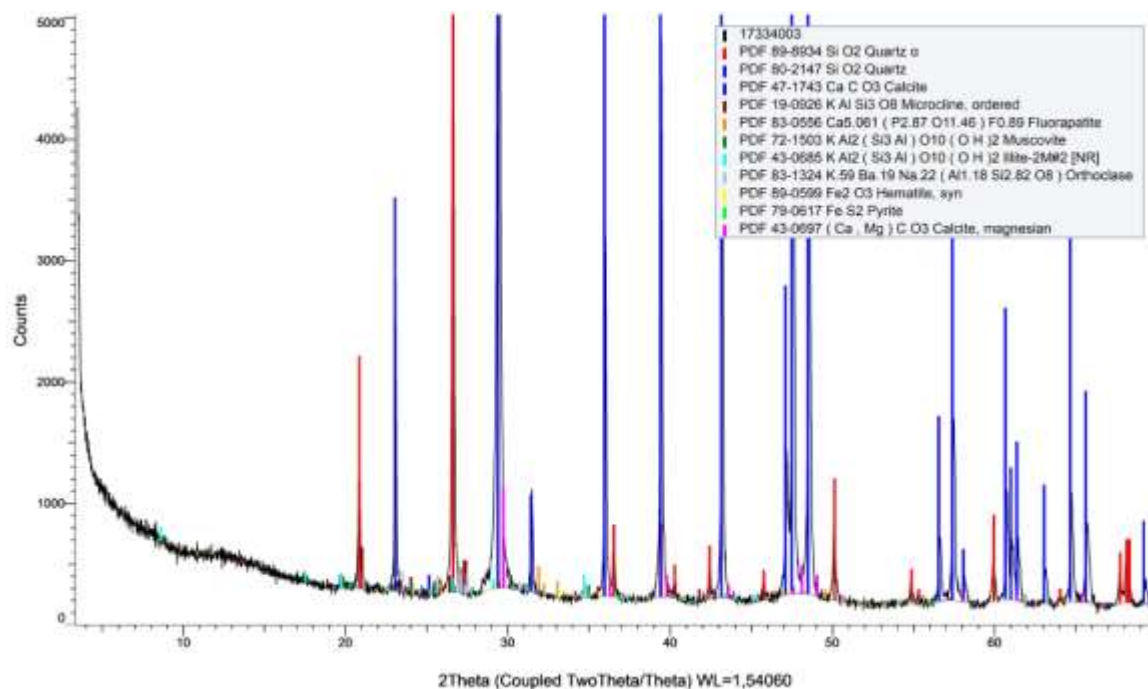
Rexp : 3.28 Rwp : 6.64 Rp : 5.18 GOF : 2.02
Rexp` : 4.16      Rwp` : 8.40 Rp` : 6.69 DW : 0.82

Quantitative Analysis - Rietveld

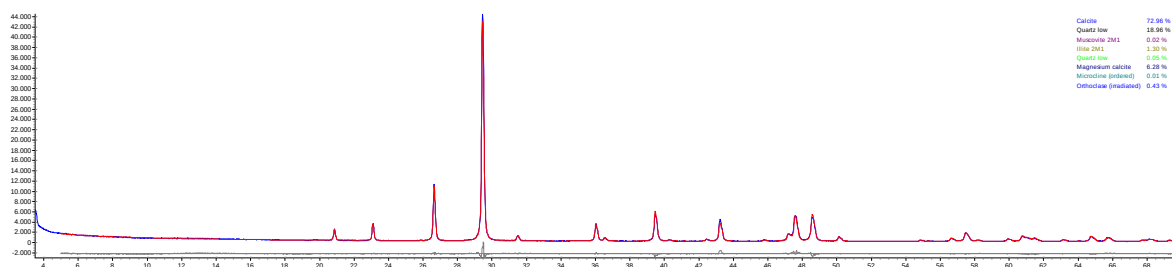
Phase 1	: Calcite	53.3(6) %
Phase 2	: "Quartz low"	30.2(4) %
Phase 3	: "Muscovite 2M1"	4.2(6) %
Phase 4	: Pyrite	0.34(5) %
Phase 5	: Hematite	0.12(7) %
Phase 6	: "Illite 2M1"	1.17(19) %
Phase 7	: Apatite-(CaF)	0.15(5) %
Phase 8	: "kaolinite 1A"	2.7(5) %
Phase 9	: "Magnesium calcite"	0.6(2) %
Phase 10	: Dolomite	0.10(5) %
Phase 11	: Gypsum	2.17(17) %
Phase 12	: Albite	0.80(13) %
Phase 13	: "Quartz low"	0.51(8) %
Phase 14	: "Microcline (ordered)"	1.8(4) %
Phase 15	: Orthoclase	1.9(4) %

🚧 Muestra 288F-3

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "F:\TESIS ERIKA Y GINA\DRX LITICO\CALIZAS\17334003.raw"
Range Number : 1

R-values

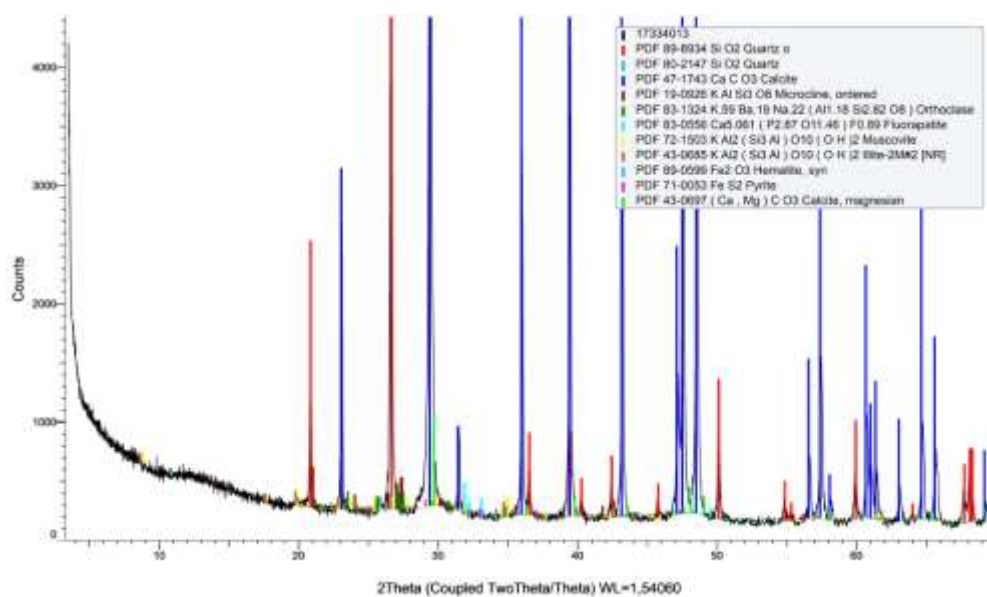
Rexp : 3.57 Rwp : 6.55 Rp : 5.17 GOF : 1.84
Rexp : 4.42 Rwp : 8.12 Rp : 6.52 DW : 0.71

Quantitative Analysis - Rietveld

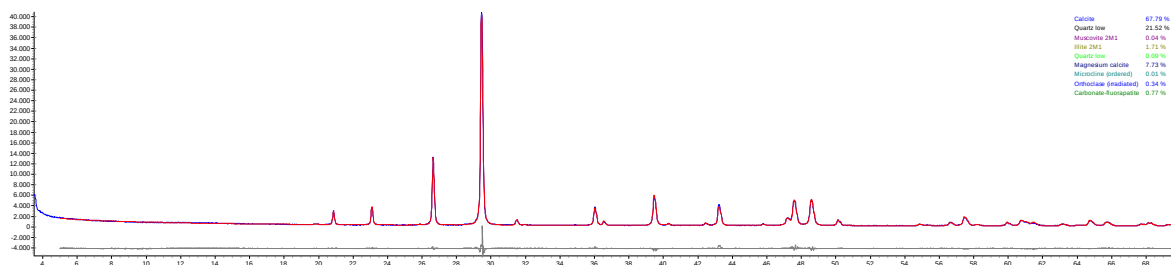
Phase 1 :	calcite	73.0(9) %
Phase 2 :	"Quartz low"	19.0(3) %
Phase 3 :	"Muscovite 2M1"	0.0(5) %
Phase 4 :	"Illite 2M1"	1.3(3) %
Phase 5 :	"Quartz low"	0.050(17) %
Phase 6 :	"Magnesium calcite"	6.3(9) %
Phase 7 :	"Microcline (ordered)"	0.01(18) %
Phase 8 :	"Orthoclase (irradiated)"	0.43(15) %

🚧 Muestra 581F-1

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "G:\ANALISIS DE MUESTRAS\CALIZAS\17334013\17334013.raw"
Range Number : 1

R-values

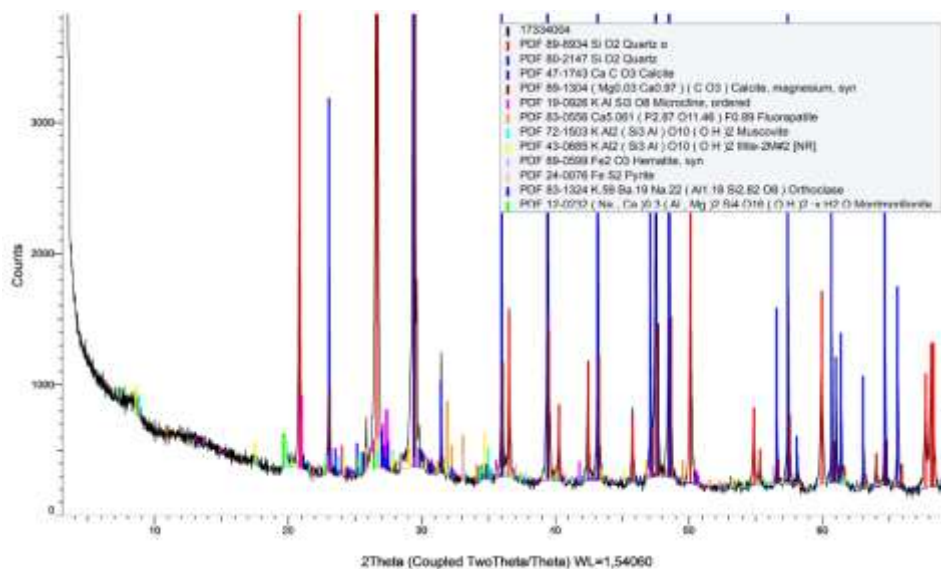
Rexp : 3.63 Rwp : 6.52 Rp : 5.15 GOF : 1.80
Rexp : 4.44 Rwp : 7.97 Rp : 6.41 DW : 0.82

Quantitative Analysis - Rietveld

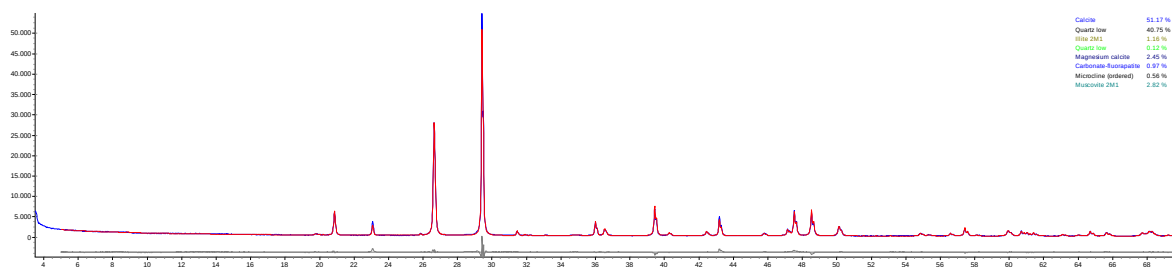
Phase 1	: Calcite	67.8(7) %
Phase 2	: "Quartz low"	21.5(3) %
Phase 3	: "Muscovite 2M1"	0.0(3) %
Phase 4	: "illite 2M1"	1.7(3) %
Phase 5	: "Quartz low"	0.09(3) %
Phase 6	: "Magnesium calcite"	7.7(8) %
Phase 7	: "Microcline (ordered)"	0.01(18) %
Phase 8	: "Orthoclase (irradiated)"	0.34(13) %
Phase 9	: carbonate-fluorapatite	0.77(11) %

🚦 Muestra 675F-2

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "F:\TESIS ERIKA Y GINA\DRX LITICO\CALIZAS\17334004.raw"
Range Number : 1

R-Values

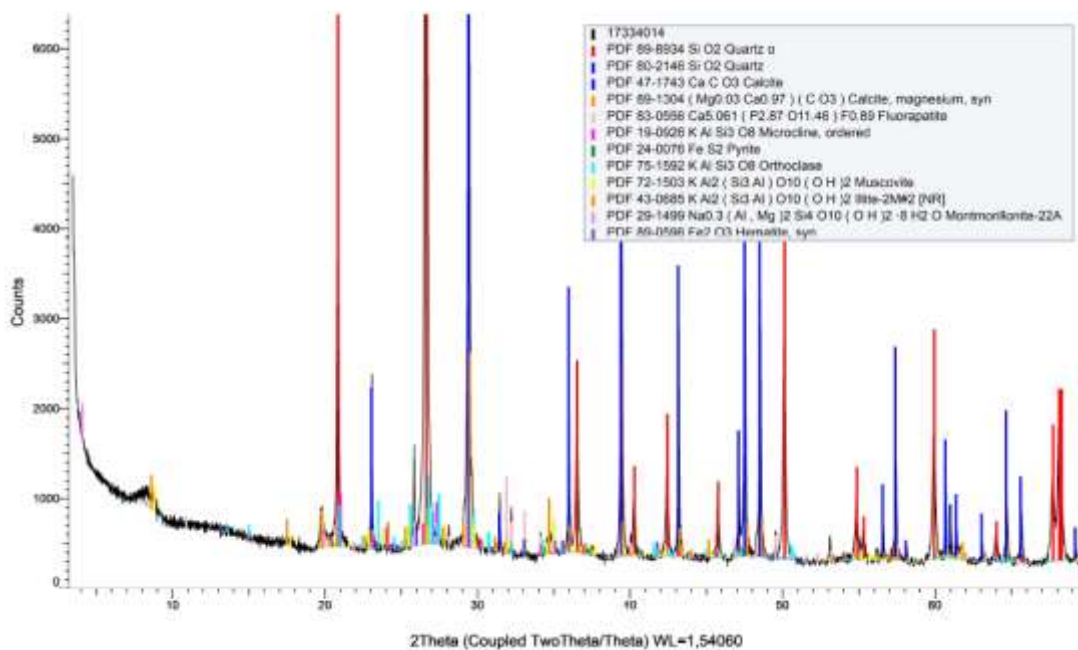
Rexp : 3.32 Rwp : 6.64 Rp : 5.22 GOF : 2.00
Rexp : 4.41 Rwp : 8.81 Rp : 7.15 DW : 0.63

Quantitative Analysis - Rietveld

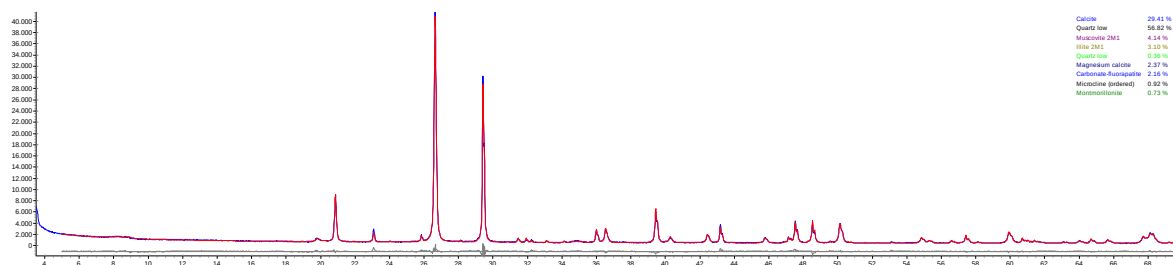
Phase 1	: Calcite	51.2(14) %
Phase 2	: "Quartz low"	40.7(11) %
Phase 3	: "Illite 2M1"	1.16(17) %
Phase 4	: "Quartz low"	0.12(2) %
Phase 5	: "Magnesium calcite"	2.5(19) %
Phase 6	: "Muscovite 2M1"	2.8(4) %
Phase 7	: Carbonate-fluorapatite	0.97(11) %
Phase 8	: "Microcline (ordered)"	0.56(15) %

✚ Muestra 132F-3

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "G:\ANALISIS DE MUESTRAS\CALIZAS\17334014\17334014.raw"
 Range Number : 1

R-values

Rexp : 3.07 Rwp : 5.94 Rp : 4.51 GOF : 1.93
 Rexp : 4.11 Rwp : 7.94 Rp : 6.19 DW : 0.65

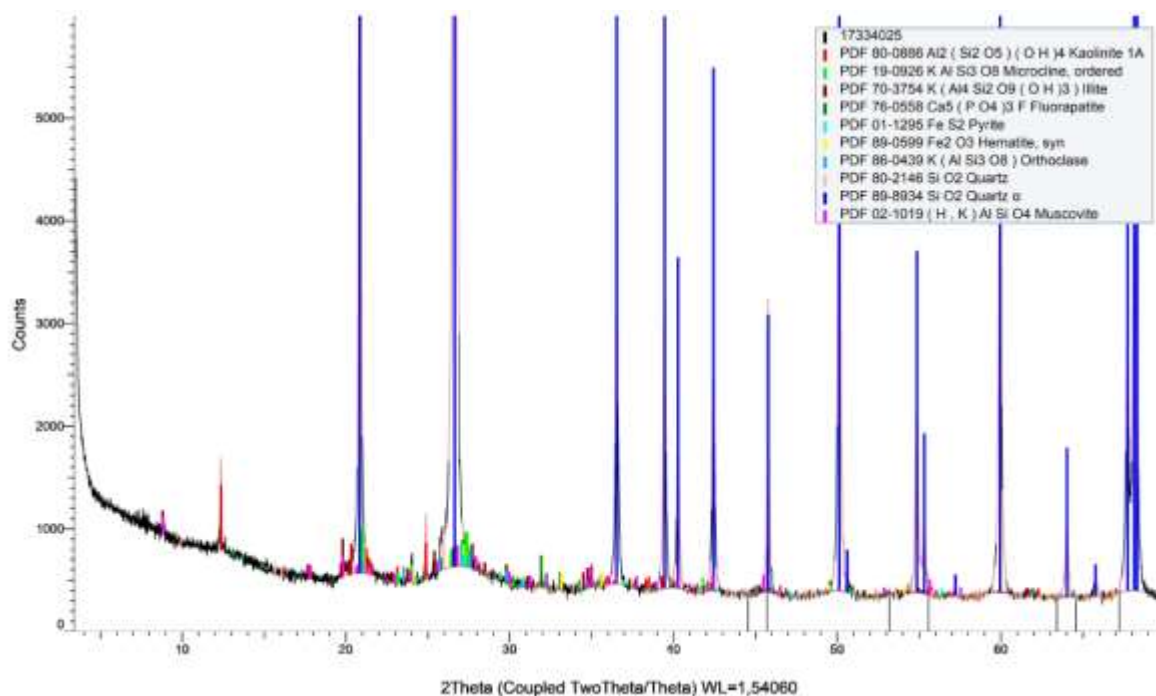
Quantitative Analysis - Rietveld

Phase 1	: Calcite	29.4(9) %
Phase 2	: "Quartz low"	56.8(10) %
Phase 3	: "Muscovite 2M1"	4.14(7) %
Phase 4	: "Illite 2M1"	3.1(2) %
Phase 5	: "Quartz low"	0.36(3) %
Phase 6	: "Magnesium calcite"	2.4(12) %
Phase 7	: Carbonate-fluorapatite	2.16(10) %
Phase 8	: "Microcline (ordered)"	0.92(16) %
Phase 9	: Montmorillonite	0.73(8) %

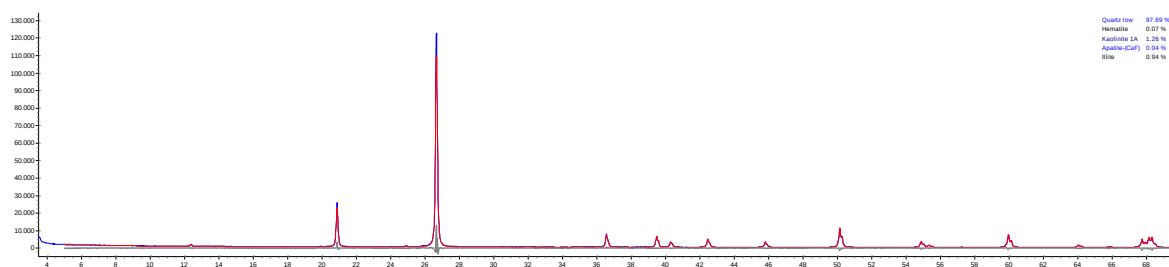
Apéndice E. Análisis cualitativo y cuantitativo de difracción de rayos-X para las rocas tipo Arenisca.

 Muestra MTA

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "D:\ARTÍCULO_ASESORÍAS_DOCENCIA\PREGRADO\UIS\TESIS EN PROCESO\ERIKA TARAZONA-GINA ALMEIDA\DATOS DRX\Informe_de_resultados_INF-17334\17334025.raw"
Range Number : 1

R-Values

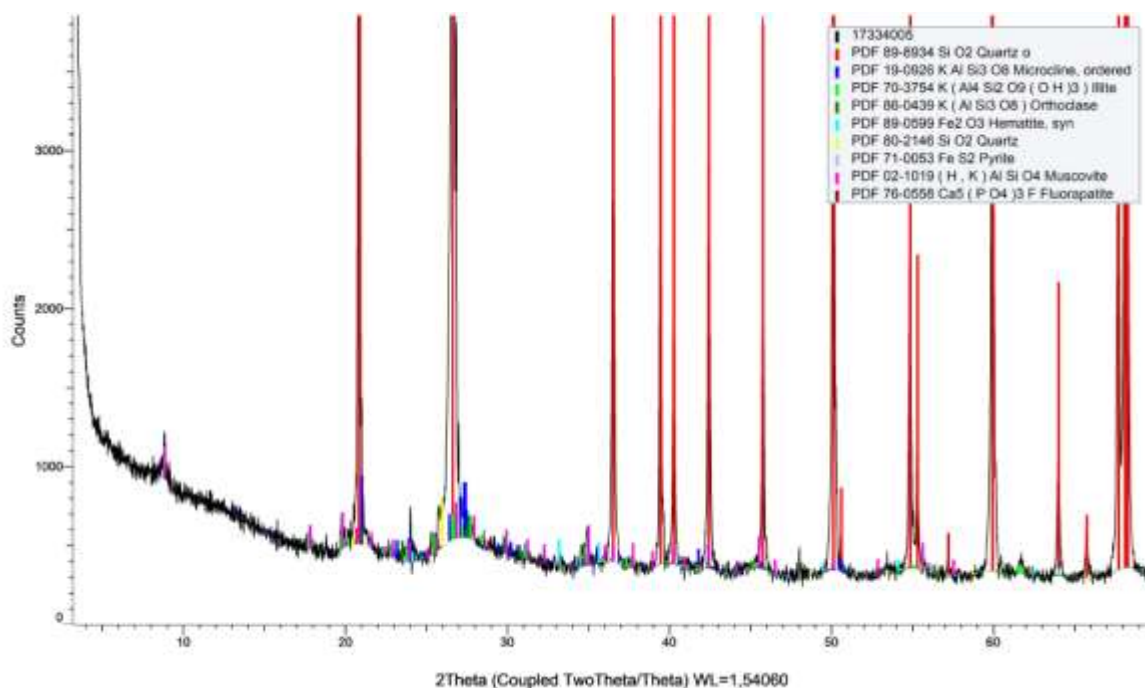
Rexp : 2.74 Rwp : 7.54 Rp : 5.89 GOF : 2.75
Rexp` : 3.62      Rwp` : 9.96 Rp` : 8.17 DW : 0.55

Quantitative Analysis - Rietveld

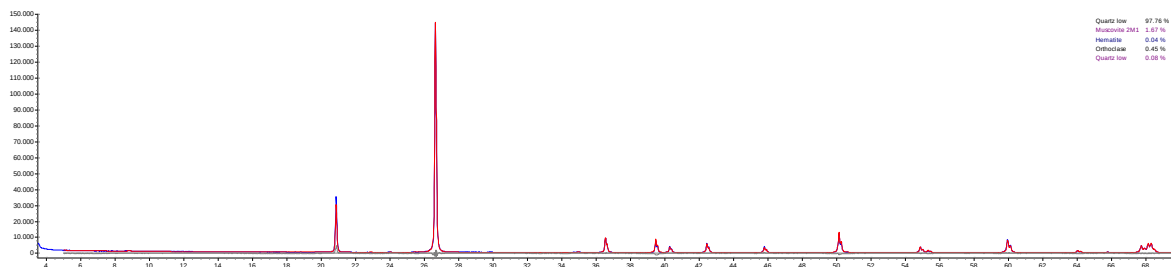
Phase 1 :	"Quartz low"	97.69(16) %
Phase 2 :	Hematite	0.07(4) %
Phase 3 :	"Kaolinite 1A"	1.26(15) %
Phase 4 :	Apatite-(CaF)	0.05(3) %
Phase 5 :	Illite	0.939(4) %

🚧 Muestra 218F-3

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "F:\TESIS ERIKA Y GINA\DRX LITICO\ARENISCAS\17334005.raw"
Range Number : 1

R-Values

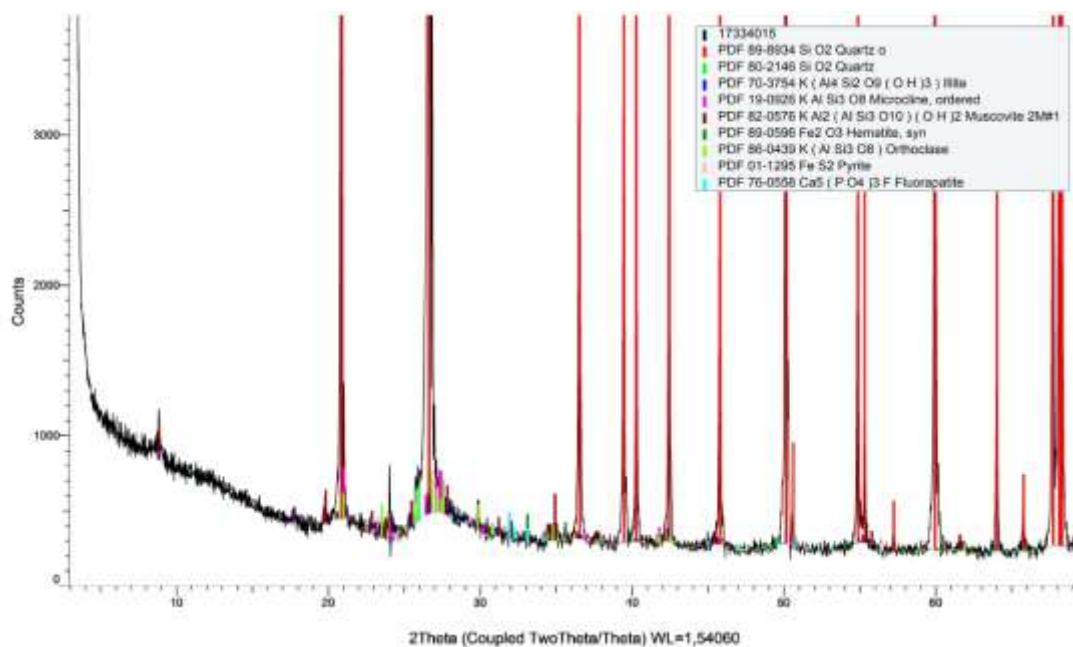
Rexp : 2.81 Rwp : 7.31 Rp : 5.40 GOF : 2.60
Rexp` : 4.28      Rwp` : 11.15 Rp` : 10.20 DW : 0.37

Quantitative Analysis - Rietveld

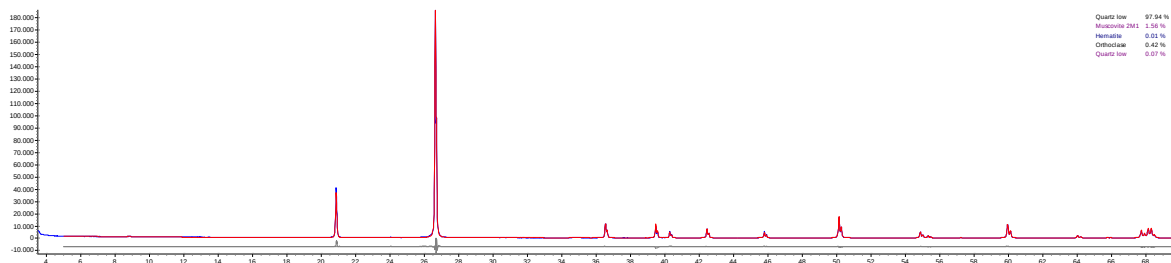
Phase 1 :	"Quartz low"	97.76(4) %
Phase 2 :	"Muscovite 2M1"	1.672(6) %
Phase 3 :	Hematite	0.04(3) %
Phase 4 :	"Orthoclase "	0.4478(15) %
Phase 5 :	"Quartz low"	0.08(3) %

✚ Muestra 2F-2

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "G:\ANALISIS DE MUESTRAS\ARENISCAS\17334015\17334015.raw"
Range Number : 1

R-Values

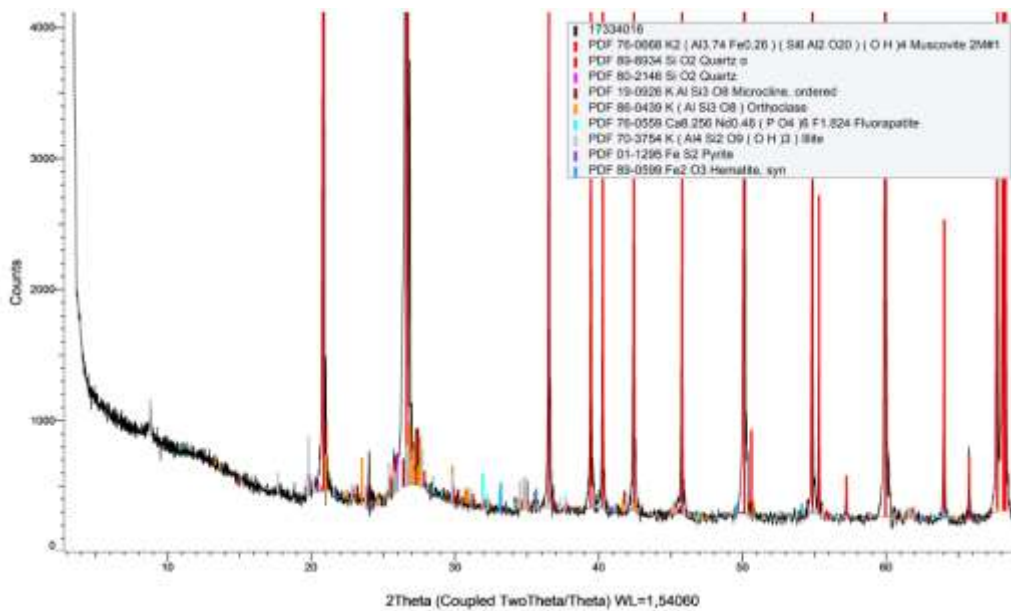
R_{exp} : 2.86 R_{wp} : 8.06 R_p : 5.89 GOF : 2.82
R_{exp} : 4.10 R_{wp} : 11.54 R_p : 10.47 DW : 0.56

Quantitative Analysis - Rietveld

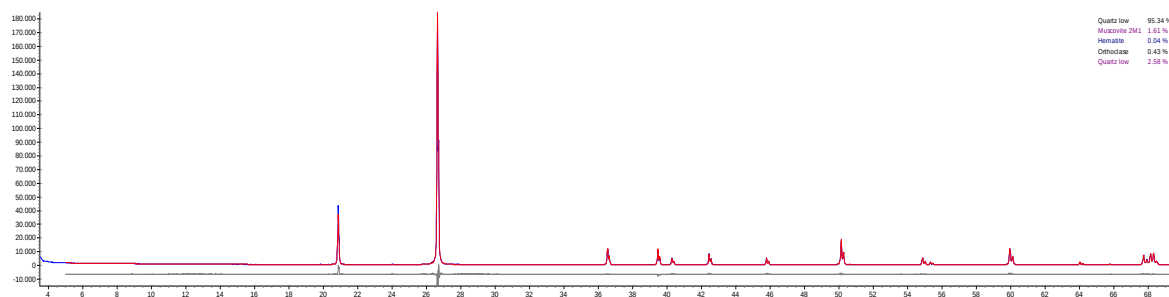
Phase 1 :	"Quartz low"	97.94(2) %
Phase 2 :	"Muscovite 2M1"	1.563(5) %
Phase 3 :	Hematite	0.01(2) %
Phase 4 :	"Orthoclase "	0.4185(13) %
Phase 5 :	"Quartz low"	0.0718(2) %

🚦 Muestra 355F-3

Análisis cualitativo



Análisis cuantitativo



File 1 : "F:\TESIS ERIKA Y GINA\DRX LITICO\ARENISCAS\17334016.raw"
 Range Number : 1

R-values

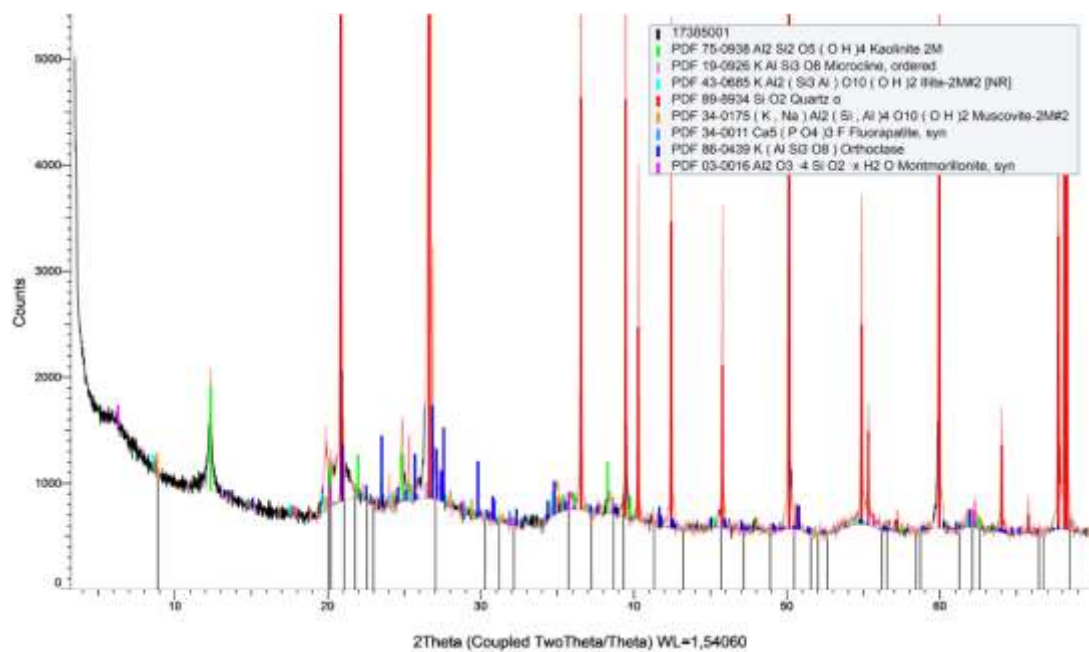
Rexp : 2.87 Rwp : 8.06 Rp : 6.15 GOF : 2.81
 Rexp` : 4.16      Rwp` : 11.67 Rp` : 10.95 DW : 0.63

Quantitative Analysis - Rietveld

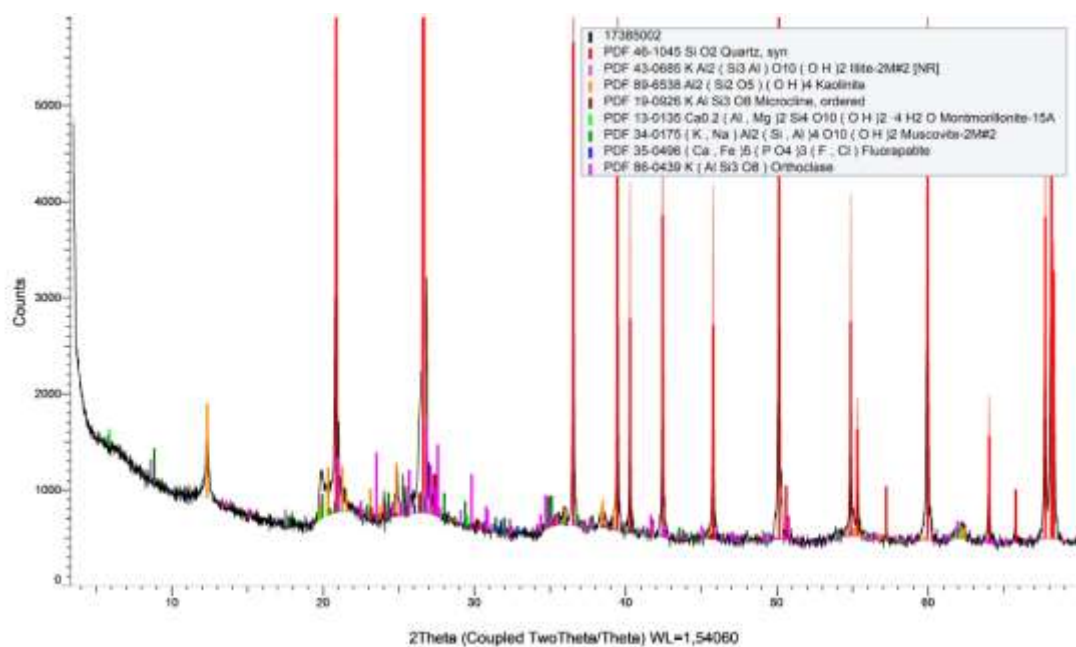
Phase 1	: "Quartz low"	95.34(12) %
Phase 2	: "Muscovite 2M1"	1.613(7) %
Phase 3	: Hematite	0.04(3) %
Phase 4	: "Orthoclase "	0.4320(17) %
Phase 5	: "Quartz low"	2.58(11) %

Apéndice F. Análisis cualitativo de difracción de rayos-X para las muestras de suelo.

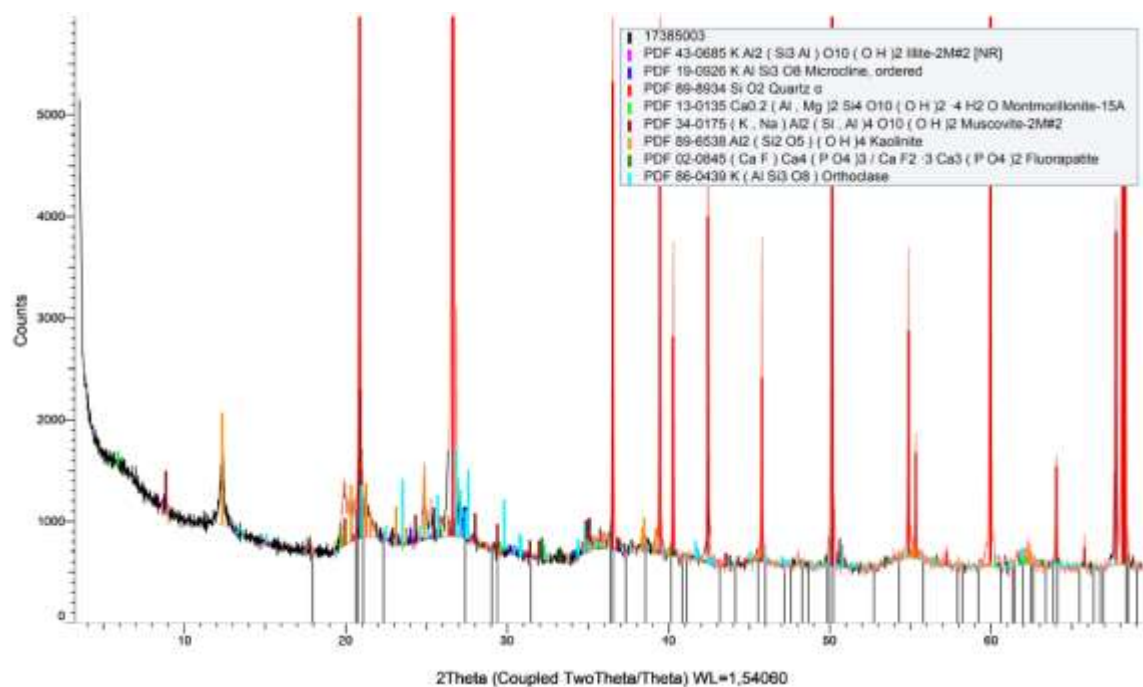
1S-3



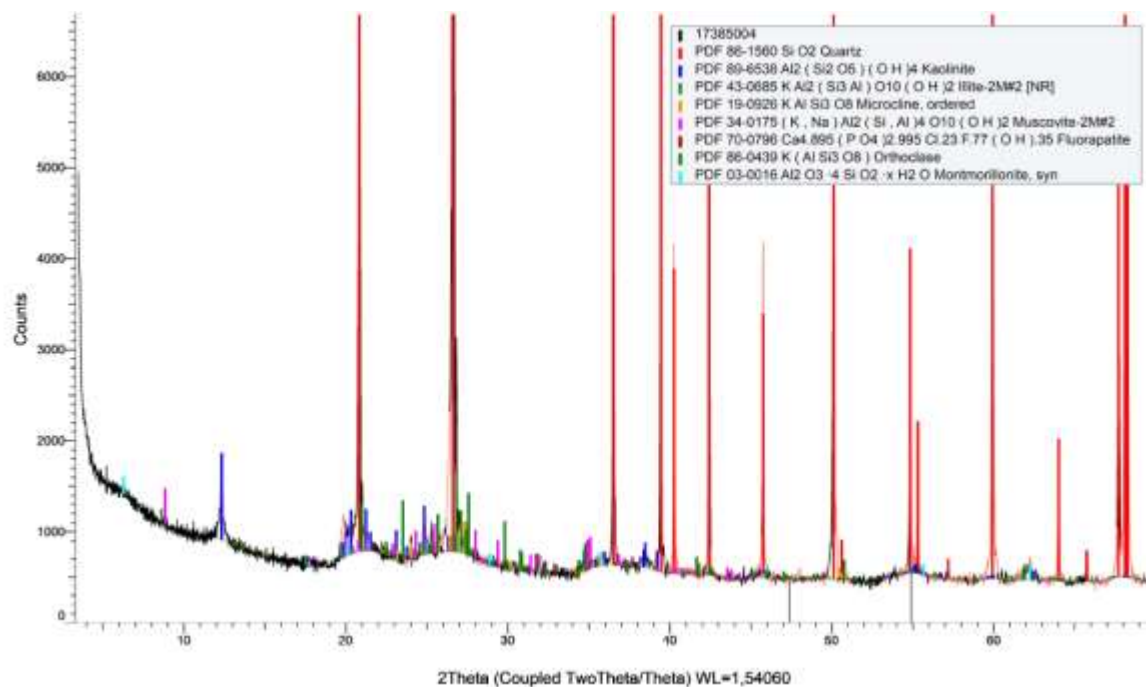
2S-2



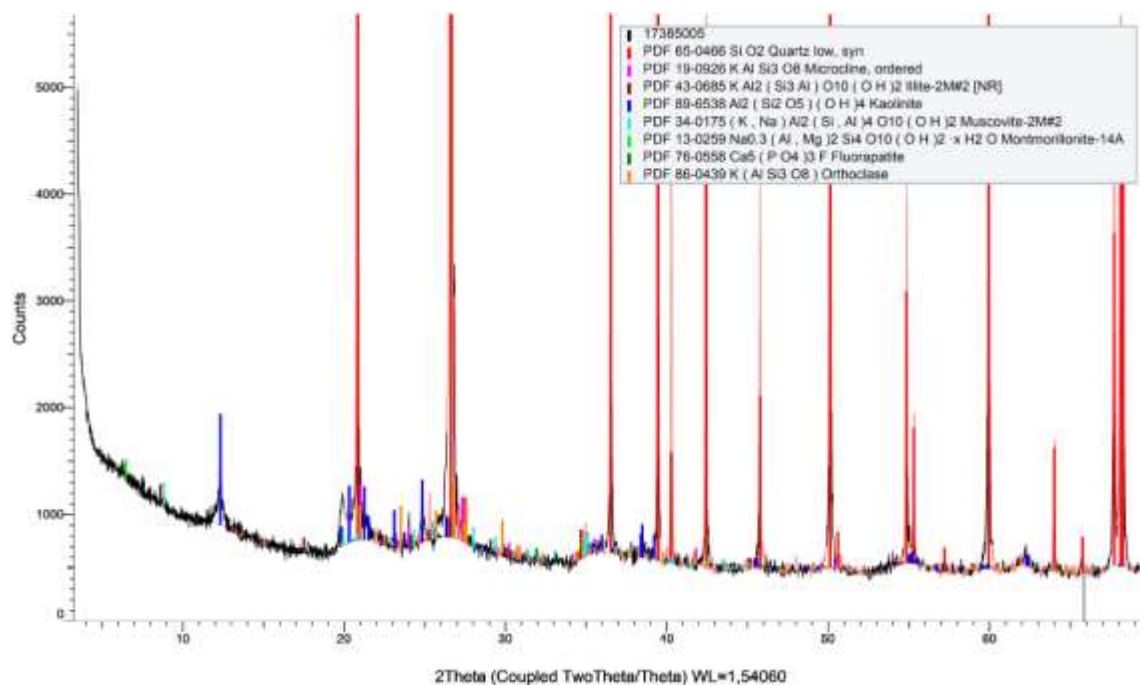
3S-4



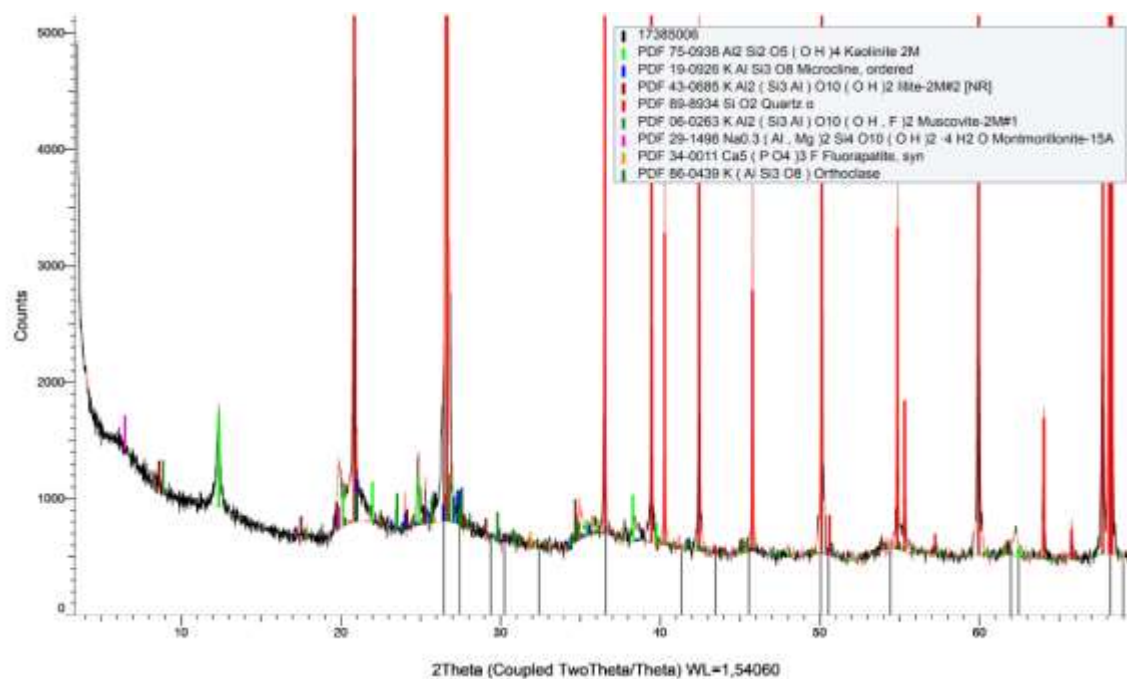
4S-1



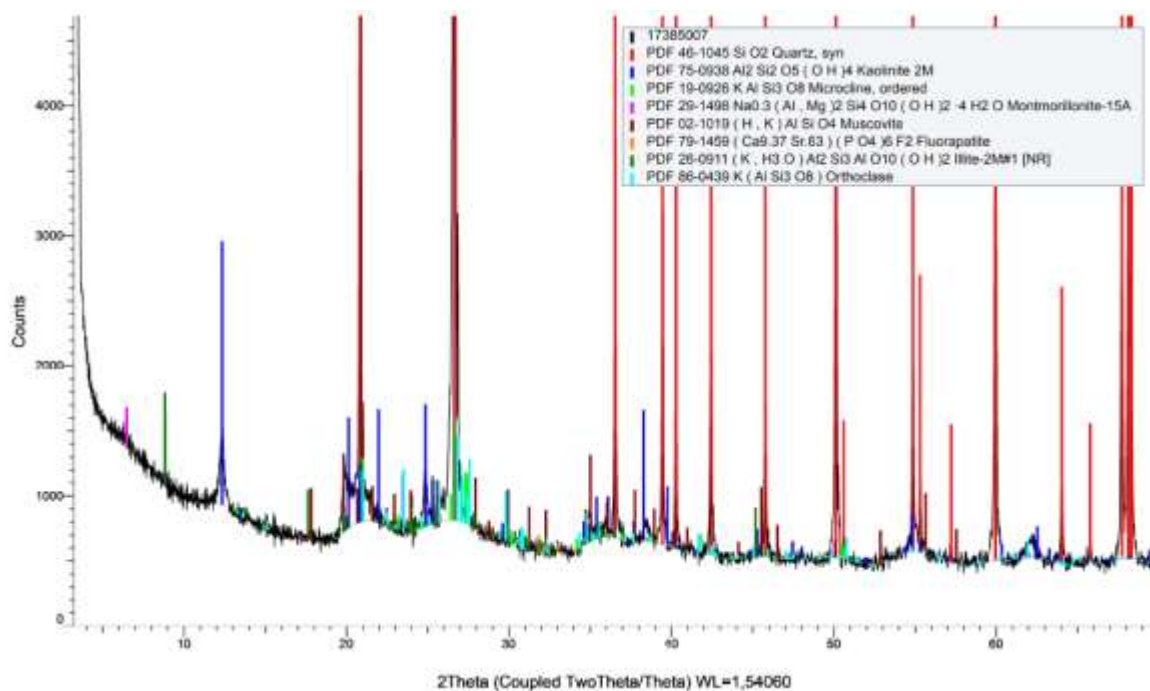
5S-1



6S-3



7S-1



8S-4

